

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-084404

(43)Date of publication of application : 30.03.2001

(51)Int.Cl. G06T 17/00
A63F 13/00
G06T 15/00

(21)Application number : 11-260072

(71)Applicant : SQUARE CO LTD

(22)Date of filing : 14.09.1999

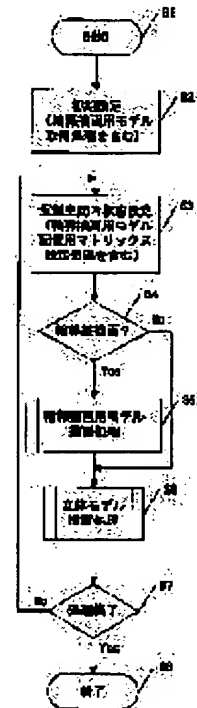
(72)Inventor : IMAI HITOSHI
HASEGAWA TAKESHI

(54) METHOD AND DEVICE FOR RENDERING, GAME MACHINE, AND COMPUTER READABLE RECORDING MEDIUM FOR STORING PROGRAM FOR RENDERING THREE-DIMENSIONAL MODEL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To plot the outline of a three-dimensional model arranged in a virtual space by simple processing.

SOLUTION: A model for outline plotting is acquired in initialization (step S2). This model for outline plotting includes a three-dimensional model, and each face is the reverse face of a corresponding face of the three-dimensional model. The model for outline plotting is arranged in state setting in a virtual space (step S3). When an outline of the three-dimensional model is plotted (step S4), plotting processing of the model for outline plotting is performed (step S5). After the model for outline plotting is subjected to transmission conversion or the like, only front faces seen from a view point are taken as the plotting object to erase concealed faces, thus plotting the model. Since the model for outline plotting is larger than the three-dimensional model, it is partially plotted on the outside of the three-dimensional model as the result of erasing concealed faces. Finally, the threedimensional model is plotted as usual (step S6).



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.09.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

BEST AVAILABLE COPY

[Patent number]	3352982
[Date of registration]	20.09.2002
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of extinction of right]	

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-84404

(P2001-84404A)

(43) 公開日 平成13年3月30日 (2001.3.30)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	キーワード(参考)
G 0 6 T 17/00		G 0 6 F 15/62	3 5 0 A 2 C 0 0 1
A 6 3 F 13/00		A 6 3 F 13/00	C 5 B 0 5 0
G 0 6 T 15/00		G 0 6 F 15/72	4 5 0 A 5 B 0 8 0

審査請求 有 請求項の数23 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願平11-260072

(22) 出願日 平成11年9月14日 (1999.9.14)

(71) 出願人 391049002

株式会社スクウェア

東京都目黒区下目黒1丁目8番1号

(72) 発明者 今井 仁

東京都目黒区下目黒一丁目8番1号 株式会社スクウェア内

(72) 発明者 長谷川 豪

東京都目黒区下目黒一丁目8番1号 株式会社スクウェア内

(74) 代理人 100103528

弁理士 阪田 一男

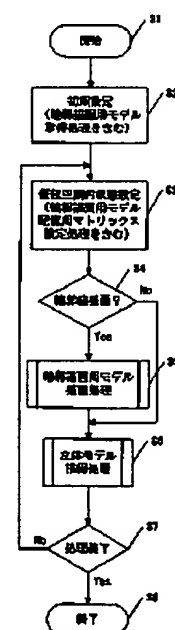
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レンダリング方法及び装置、ゲーム装置、並びに立体モデルをレンダリングするプログラムを格納するコンピュータ読み取り可能な記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 仮想空間に配置された立体モデルの輪郭線を、簡単な処理で描画できるようにする。

【解決手段】 初期設定において輪郭描画用モデルを取得する(ステップS2)。この輪郭描画用モデルは立体モデルを包含し、その各面は立体モデルの対応する面とは表裏が反転している。仮想空間内の状態設定において輪郭描画用モデルを配置する(ステップS3)。もし、立体モデルに対し輪郭線を描画する場合には(ステップS4)、輪郭描画用モデルの描画処理を行う(ステップS5)。輪郭描画用モデルについて透視変換等を行った後、視点に対するおもて面のみを描画対象として隠面消去を行い描画する。輪郭描画用モデルは立体モデルより相対的に大きいので、隠面消去の結果立体モデルの外側に一部分輪郭線として描画される。最後に立体モデルを通常どおり描画する(ステップS6)。



(2)

特開2001-84404

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数の面で構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング方法であって、
第1の立体モデルに対応した第2の立体モデルを取得する第1ステップと、

前記第2の立体モデルの各面を反転させて輪郭描画用モデルを生成する第2ステップと、

前記第1の立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する第3ステップと、

前記第1の立体モデルを所与の視点位置から描画すると共に、前記輪郭描画用モデルのうち前記視点位置に対して表を向けている面のみを予め定められた配色で描画する第4ステップと、

を含むことを特徴とするレンダリング方法。

【請求項2】 仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数の面で構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング方法であって、

前記立体モデルに対応し且つ前記立体モデルの各面に対応する面の表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得する第1ステップと、

前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、

前記立体モデルを所与の視点位置から描画すると共に、前記輪郭描画用モデルのうち前記視点位置に対して表を向けている面のみを予め定められた配色で描画する第3ステップと、

を含むことを特徴とするレンダリング方法。

【請求項3】 前記第1ステップが、
前記立体モデルに対応し且つ前記立体モデルよりサイズが大きく且つ前記立体モデルの各面に対応する面の表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得するステップであることを特徴とする請求項2記載のレンダリング方法。

【請求項4】 前記第1ステップが、
前記立体モデルに対応し且つ前記立体モデルの各面に対応する面の表裏が反転され且つ前記立体モデルを構成する面の各頂点の法線方向に、当該頂点と対応する頂点が設定された前記輪郭描画用モデルを取得するステップであることを特徴とする請求項2記載のレンダリング方法。

【請求項5】 前記第1ステップが、
前記立体モデルに対応し、明度又は透明度の変化を含む図柄を有するテクスチャがマッピングされ且つ前記立体モデルの各面に対応する面の表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得するステップであることを特徴とする請求項2記載のレンダリング方法。

【請求項6】 仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数の面で構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング方法であって、
前記立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得する

第1ステップと、

前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、

前記立体モデルを所与の視点位置から描画すると共に、前記輪郭描画用モデルのうち前記視点位置に対して裏を向けている面のみを予め定められた配色で描画する第3ステップと、
を含むことを特徴とするレンダリング方法。

【請求項7】 前記第2ステップが、

10 前記第1ステップで取得された前記輪郭描画用モデルのサイズを拡大すると共に、前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置するステップであることを特徴とする請求項6記載のレンダリング方法。

【請求項8】 前記第1ステップで取得された前記輪郭描画用モデルを構成する面の各頂点を当該各頂点の法線方向に移動することで前記輪郭描画用モデルのサイズを拡大する第4ステップをさらに含み、

前記第2ステップが、前記立体モデルを包含する位置に前記第4ステップで拡大された前記輪郭描画用モデルを配置するステップであることを特徴とする請求項6記載のレンダリング方法。

【請求項9】 前記第2ステップが、
前記立体モデルのサイズを縮小すると共に、前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置するステップであることを特徴とする請求項6記載のレンダリング方法。

【請求項10】 前記第3ステップが、
前記立体モデルを所与の視点位置から描画すると共に、前記輪郭描画用モデルのうち前記視点位置に対して裏を向けている面に対してのみ、明度又は透明度の変化を含む図柄を有するテクスチャをマッピングし、当該面を描画するステップであることを特徴とする請求項6記載のレンダリング方法。

【請求項11】 仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数の面で構成された立体モデルをレンダリングするプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

前記プログラムは、前記コンピュータに、
前記立体モデルに対応し且つ前記立体モデルの各面に対応する面の表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得する第1ステップと、

前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、

前記立体モデルを所与の視点位置から描画すると共に、前記輪郭描画用モデルのうち前記視点位置に対して表を向けている面のみを予め定められた配色で描画する第3ステップと、

を実行させるためのプログラムであることを特徴とする、コンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項12】 前記第1ステップが、

50

(3)

特開 2001-84404

3

4

前記立体モデルに対応し且つ前記立体モデルよりサイズが大きく且つ前記立体モデルの各面に対応する面の表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得するステップであることを特徴とする請求項 1 記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 13】前記第 1 ステップが、

前記立体モデルに対応し且つ前記立体モデルの各面に対応する面の表裏が反転され且つ前記立体モデルを構成する面の各頂点の法線方向に、当該頂点と対応する頂点が設定された前記輪郭描画用モデルを取得するステップであることを特徴とする請求項 1 記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 14】前記第 1 ステップが、

前記立体モデルに対応し、明度又は透明度の変化を含む図柄を有するテクスチャがマッピングされ且つ前記立体モデルの各面に対応する面の表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得するステップであることを特徴とする請求項 1 記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 15】仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数の面で構成された立体モデルをレンダリングするプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

前記プログラムは、前記コンピュータに、

前記立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得する第 1 ステップと、

前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する第 2 ステップと、

前記立体モデルを所与の視点位置から描画すると共に、前記輪郭描画用モデルのうち前記視点位置に対して裏を向けている面のみを予め定められた配色で描画する第 3 ステップと、

を実行させるためのプログラムであることを特徴とする、コンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 16】前記第 1 ステップが、

前記立体モデルに対応し且つ前記立体モデルよりサイズが大きい輪郭描画用モデルを取得するステップであることを特徴とする請求項 15 記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 17】前記第 2 ステップが、

前記第 1 ステップで取得された前記輪郭描画用モデルのサイズを拡大すると共に、前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置するステップであることを特徴とする請求項 15 記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 18】前記第 2 ステップが、

前記立体モデルのサイズを縮小すると共に、前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置するステップであることを特徴とする請求項 15 記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 19】前記第 3 ステップが、

前記立体モデルを所与の視点位置から描画すると共に、前記輪郭描画用モデルのうち前記視点位置に対して裏を向けている面に対してのみ、明度又は透明度の変化を含む図柄を有するテクスチャをマッピングし、当該面を描画するステップであることを特徴とする請求項 15 記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 20】仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数の面で構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング装置であって、

前記立体モデルに対応し且つ前記立体モデルの各面に対応する面の表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得する取得手段と、

前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する配置手段と、

前記立体モデルを所与の視点位置から描画すると共に、前記輪郭描画用モデルのうち前記視点位置に対して裏を向けている面のみを予め定められた配色で描画する描画手段と、

を有することを特徴とするレンダリング装置。

【請求項 21】仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数の面で構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング装置であって、

前記立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得する取得手段と、

前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する配置手段と、

前記立体モデルを所与の視点位置から描画すると共に、前記輪郭描画用モデルのうち前記視点位置に対して裏を向けている面のみを予め定められた配色で描画する描画手段と、

を有することを特徴とするレンダリング装置。

【請求項 22】仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数の面で構成された立体モデルをレンダリングするゲーム装置であって、

コンピュータと、

前記コンピュータに実行させるプログラムを格納した、

コンピュータ読み取り可能な記録媒体とを有し、

前記プログラムは、前記コンピュータに、

前記立体モデルに対応し且つ前記立体モデルの各面に対応する面の表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得する取得機能と、

前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデルを配置する配置機能と、

前記立体モデルを所与の視点位置から描画すると共に、前記輪郭描画用モデルのうち前記視点位置に対して裏を向けている面のみを予め定められた配色で描画する描画機能と、

を実施させることを特徴とするゲーム装置。

【請求項 23】仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数の面で構成された立体モデルをレ

(4)

特開2001-84404

5

6

ンダリングするゲーム装置であって、
コンピュータと、

前記コンピュータに実行させるプログラムを格納した、
コンピュータ読み取り可能な記録媒体とを有し、

前記プログラムは、前記コンピュータに、
前記立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得する
取得機能と、

前記立体モデルを包含する位置に前記輪郭描画用モデル
を配置する配置機能と、

前記立体モデルを所与の視点位置から描画すると共に、
前記輪郭描画用モデルのうち前記視点位置に対して裏を
向けている面のみを予め定められた配色で描画する描画
機能と、

を実施させることを特徴とするゲーム装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、コンピュータ・グ
ラフィックス（CG）に関し、より詳しくは仮想三次元
空間内に配置された立体モデル及びその輪郭線をレンダ
リングする方法及び装置並びにレンダリング・プログラ
ムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体に関
する。

【0002】

【従来の技術】近年、CGの分野で非写実的レンダリ
ング（non-photorealistic rendering）の技術が研究され
ている。この非写実的レンダリング技術は、手書き調の
画像をCGで表現しようとするものである。そのひとつ
として、仮想三次元空間内における視点位置、視線方向
あるいは立体モデルの配置位置、方向、形状等の状態が
変更された場合でも自動的に当該立体モデルの輪郭線を
正しく描画する画像生成技術も種々研究されている。

【0003】例えば特開平7-85310号公報には、
立体モデルがレンダリングされる際に、当該立体モデル
を構成するポリゴンの辺を単位として、各辺が輪郭部分
かどうかを検出して輪郭線を描画する技術が示されてい
る。また、特開平7-160905号公報には、当該立体
モデルがレンダリングされる表示画像中の画素を単位
として、各画素が輪郭部分かどうかを検出して輪郭線を
描画する技術が示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】このように従来技術に
よれば、輪郭線を描画するためには立体モデルをポリゴ
ンの辺単位又はレンダリングされる画素単位に分解して
輪郭部分を検出する処理が必要である。そのため、輪郭
線を描画する処理が非常に複雑であった。

【0005】よって本発明の目的は、仮想空間に配置さ
れた立体モデルの輪郭線を簡単な処理で描画できるよう
にするレンダリング方法及び装置並びにレンダリング・
プログラムを格納するコンピュータ読み取り可能な記録
媒体を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の態様に係
る。仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表
とする複数の面で構成された立体モデルをレンダリング
する方法は、第1の立体モデルに対応した第2の立体モ
デルを取得する第1ステップと、第2の立体モデルの各
面を反転させて輪郭描画用モデルを生成する第2ステッ
プと、第1の立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モ
デルを配置する第3ステップと、第1の立体モデルを所
与の視点位置から描画すると共に、輪郭描画用モデルの
うち視点位置に対して表を向けている面のみを予め定め
られた配色で描画する第4ステップとを含む。

【0007】本発明の第2の態様に係るレンダリング方
法は、立体モデルに対応し且つ立体モデルの各面に対応
する面の表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得する
第1ステップと、立体モデルを包含する位置に輪郭描画
用モデルを配置する第2ステップと、立体モデルを所与
の視点位置から描画すると共に、輪郭描画用モデルのう
ち視点位置に対して表を向けている面のみを予め定めら
れた配色で描画する第3ステップとを含む。

【0008】本発明では、表裏が反転した輪郭描画用モ
デルの視点位置に対して表を向けている面のみを描画す
る。そのため、輪郭描画用モデルの、視点位置から見て
立体モデルと重ならない部分が輪郭線として描画され
る。

【0009】上で述べた第1ステップを、立体モデルに
対応し且つ立体モデルよりサイズが大きく且つ立体モデ
ルの各面に対応する面の表裏が反転された輪郭描画用モ
デルを取得するステップとすることも可能である。ま
た、同じく第1ステップを、立体モデルに対応し且つ立
体モデルの各面に対応する面の表裏が反転され且つ立体
モデルを構成する面の各頂点の法線方向に、当該頂点と
対応する頂点が設定された輪郭描画用モデルを取得する
ステップとすることも可能である。

【0010】輪郭描画用モデルの色は、第1ステップ時
に定義してもよいし、立体モデルの色を引き継いでも良
いし、実際の描画時に定義してもよい。

【0011】また上で述べた第1ステップを、立体モデ
ルに対応し、明度又は透明度の変化を含む図柄を有する
テクスチャがマッピングされ且つ立体モデルの各面に対
応する面の表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得す
るステップとすることも可能である。このようなテクス
チャ・マッピングを実施すると、描画される輪郭線が手
書き調になる。

【0012】本発明の第3の態様に係るレンダリング方
法は、立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得す
る第1ステップと、立体モデルを包含する位置に輪郭描
画用モデルを配置する第2ステップと、立体モデルを所
与の視点位置から描画すると共に、輪郭描画用モデルの
うち視点位置に対して裏を向けている面のみを予め定め

(5)

特開2001-84404

7

8

られた配色で描画する第3ステップとを含む。

【0013】第2の態様と異なる点は、輪郭描画用モデルの面の表裏である。立体モデルを通常どおり描画するためには、輪郭描画用モデルにより立体モデルが視点位置から見て隠れないようにしなければならない。このため第2の態様では輪郭描画用モデルの面の表裏を立体モデルの対応する面とは逆にして、うら面を描画対象から除外している。第3の態様では輪郭描画用モデルの面の表裏は立体モデルと同じなので、描画する際にうら面のみを描画対象として同様の効果を得るようにしている。

【0014】上で述べた第2ステップを、第1ステップで取得された輪郭描画用モデルのサイズを拡大すると共に、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置するステップとすることも可能である。

【0015】また本発明の第3の態様が、先に述べた第1ステップで取得された輪郭描画用モデルを構成する面の各頂点を当該各頂点の法線方向に移動することで輪郭描画用モデルのサイズを拡大する第4ステップをさらに含み、上で述べた第2ステップを、立体モデルを包含する位置に第4ステップで拡大された輪郭描画用モデルを配置するステップとすることも可能である。面の法線を求めて、面をこの法線方向に移動させる方法も考えられるが、面と面の間を埋めるような処理が追加で必要となる。

【0016】さらに、上で述べた第2ステップを、立体モデルのサイズを縮小すると共に、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置するステップとすることも可能である。輪郭描画用モデルは立体モデルより相対的に大きければ良いので、立体モデルを縮小することも考えられる。

【0017】さらに上で述べた第3ステップを、立体モデルを所与の視点位置から描画すると共に、輪郭描画用モデルのうち視点位置に対して裏を向けている面に対してのみ、明度又は透明度の変化を含む図柄を有するテクスチャをマッピングし、当該面を描画するステップとすることも考えられる。このようなテクスチャ・マッピングを実施すると、描画される輪郭線が手書き調になる。

【0018】本発明の第4の態様に係る、仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数の面で構成された立体モデルをレンダリングするプログラムは、コンピュータに、立体モデルに対応し且つ立体モデルの各面に対応する面の表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得する第1ステップと、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、立体モデルを所与の視点位置から描画すると共に、輪郭描画用モデルのうち視点位置に対して表を向けている面のみを予め定められた配色で描画する第3ステップとを実行させるためのプログラムである。

【0019】本発明の第4の態様においても、第2の態様において説明した第1ステップの変形は適用可能であ

る。

【0020】本発明の第5の態様に係るレンダリング・プログラムは、コンピュータに、立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得する第1ステップと、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置する第2ステップと、立体モデルを所与の視点位置から描画すると共に、輪郭描画用モデルのうち視点位置に対して裏を向けている面のみを予め定められた配色で描画する第3ステップとを実行させるためのプログラムである。

【0021】上で述べた第1ステップを、立体モデルに対応し且つ立体モデルよりサイズが大きい輪郭描画用モデルを取得するステップとすることも可能である。

【0022】本発明の第5の態様に対しても、第3の態様において説明した第2ステップ及び第3ステップ等の変形は適用可能である。

【0023】なお、本発明の第4及び第5の態様に係るプログラムは、例えばCD-ROM、フロッピーディスク、メモリーカートリッジ、メモリ、ハードディスクなどの記録媒体又は記憶装置に格納される。このように記録媒体又は記憶装置に格納されるプログラムをコンピュータに読み込ませることによって以下で述べるレンダリング装置及びゲーム装置を実現できる。また、記録媒体によってこれをソフトウェア製品として装置と独立して容易に配布、販売することができるようになる。さらに、コンピュータなどのハードウェアを用いてこのプログラムを実行することにより、これらのハードウェアで本発明のグラフィックス技術が容易に実施できるようになる。

【0024】本発明の第6の態様に係る、仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数の面で構成された立体モデルをレンダリングするレンダリング装置は、立体モデルに対応し且つ立体モデルの各面に対応する面の表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得する取得手段と、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置する配置手段と、立体モデルを所与の視点位置から描画すると共に、輪郭描画用モデルのうち視点位置に対して表を向けている面のみを予め定められた配色で描画する描画手段とを有する。本レンダリング装置には、本発明の第2の態様に係る変形を適用することができ

【0025】本発明の第2の態様に係るレンダリング方法における各ステップをコンピュータに実行させることにより、上で述べたレンダリング方法と同様の効果を得ることが可能となる。従って、記載された処理ステップをコンピュータ等のハードウェアを用いて実行することにより、これらのハードウェアで本発明のレンダリング技術が容易に実施できるようになる。

【0026】また本発明の第7の態様に係るレンダリング装置は、立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得する取得手段と、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置する配置手段と、立体モデルを所与の

視点位置から描画すると共に、輪郭描画用モデルのうち視点位置に対して裏を向けている面のみを予め定められた配色で描画する描画手段とを有する。

【0027】本レンダリング装置には、本発明の第3の態様に係る変形を適用することができる。本発明の第3の態様に係るレンダリング方法における各ステップをコンピュータに実行させることにより、上で述べたレンダリング方法と同様の効果を得ることが可能となる。従って、記載された処理ステップをコンピュータ等のハードウェアを用いて実行することにより、これらのハードウェアで本発明のレンダリング技術が容易に実施できるようになる。

【0028】本発明の第8の態様に係る、仮想空間内に配置され且つ表現する物体の外側を表とする複数の面で構成された立体モデルをレンダリングするゲーム装置は、コンピュータと、コンピュータに実行させるプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体とを有する。そして、このプログラムは、コンピュータに、立体モデルに対応し且つ立体モデルの各面に対応する面の表裏が反転された輪郭描画用モデルを取得する取得機能と、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置する配置機能と、立体モデルを所与の視点位置から描画すると共に、輪郭描画用モデルのうち視点位置に対して表を向けている面のみを予め定められた配色で描画する描画機能とを実施させる。本ゲーム装置には、本発明の第2の態様において述べた変形を適用することができる。

【0029】また、本発明の第9の態様に係るゲーム装置は、コンピュータと、コンピュータに実行させるプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体とを有する。そして、このプログラムは、コンピュータに、立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを取得する取得機能と、立体モデルを包含する位置に輪郭描画用モデルを配置する配置機能と、立体モデルを所与の視点位置から描画すると共に、輪郭描画用モデルのうち視点位置に対して裏を向けている面のみを予め定められた配色で描画する描画機能とを実施させる。本ゲーム装置には、本発明の第3の態様に係る変形を適用することができる。

【0030】

【発明の実施の形態】最初に、本発明をコンピュータ・プログラムにより実施する場合において当該コンピュータ・プログラムを実行するコンピュータ1000の一例を図1に示す。コンピュータ1000はコンピュータ本体101を含んでおり、このコンピュータ本体101は、その内部バス119に接続された演算処理部103、メモリ105、ハードディスク・ドライブHDD107、サウンド処理部109、グラフィックス処理部111、CD-Rドライブ113、通信インターフェース115、及びインターフェース部117を含む。

【0031】このコンピュータ本体101のサウンド処理部109はスピーカーであるサウンド出力装置125に、グラフィックス処理部111は表示画面122を有する表示装置121に接続されている。また、CD-Rドライブ113にはCD-R131を装着し得る。通信インターフェース115はネットワーク151と通信媒体141を介して接続する。インターフェース部117には入力装置161が接続されている。

【0032】演算処理部103は、CPUやROMなどを含み、HDD107やCD-R131上に格納されたプログラムを実行し、コンピュータ1000の制御を行う。メモリ105は、演算処理部103のワークエリアである。HDD107は、プログラムやデータを保存するための記憶領域である。サウンド処理部109は、演算処理部103により実行されているプログラムがサウンド出力を行うよう指示している場合に、その指示を解釈して、サウンド出力装置125にサウンド信号を出力する。

【0033】グラフィックス処理部111は、演算処理部103から出力される描画命令に従って、表示装置121の表示画面122に表示を行うための信号を出力する。CD-Rドライブ113は、CD-R131に対しプログラム及びデータの読み書きを行う。通信インターフェース115は、通信媒体141を介してネットワーク151に接続し、他のコンピュータ等と通信を行う。インターフェース部117は、入力装置161からの入力をメモリ105に出力し、演算処理部103がそれを解釈して演算処理を実施する。

【0034】本発明に係るプログラム及びデータは最初例えばCD-R131に記憶されている。そして、このプログラム及びデータは実行時にCD-Rドライブ113により読み出されて、メモリ105にロードされる。演算処理部103はメモリ105にロードされた、本発明に係るプログラム及びデータを処理し、描画命令をグラフィックス処理部111に出力する。なお、中間的なデータはメモリ105に記憶される。グラフィックス処理部111は演算処理部103からの描画命令に従って処理をし、表示装置121の表示画面122に表示を行うための信号を出力する。

【0035】次に図1に示されたグラフィックス処理部111の一例を図2を用いて詳細に説明する。グラフィックス処理部111は、内部バス119とのやり取りを行うバス制御部201、バス制御部201とデータのやり取りを行う幾何演算部207及び三角形描画処理部205、三角形描画処理部205からのデータを受け取り処理を実施するピクセルカラー処理部209、各画素のZ値を格納し且つピクセルカラー処理部209により使用されるZバッファ211、及びピクセルカラー処理部209からの表示画面用データを格納するフレーム・バッファ213を含む。なお、フレーム・バッファ21

(7)

特開 2001-84404

11

3からの表示信号は、表示装置121に出力される。

【0036】グラフィックス処理部111のバス制御部201は、演算処理部103から出力された描画命令を内部バス119を介して受信し、グラフィックス処理部111内の幾何演算部207又は三角形描画処理部205に出力する。場合によっては、幾何演算部207又は三角形描画処理部205の出力を内部バス119を介してメモリ105に出力するための処理をも行う。幾何演算部207は、座標変換、光源計算、回転、縮小拡大等の幾何演算を実施する。幾何演算部207は、幾何演算の結果を三角形描画処理部205に出力する。

【0037】三角形描画処理部205は、三角形ポリゴンの各頂点のデータを補間して、三角形ポリゴン内部の各点におけるデータを生成する。ピクセルカラー処理部209は、三角形描画処理部205が生成する三角形ポリゴン内部の各点におけるデータを使用して、フレームバッファ213に表示画像を書き込む。この際、ピクセルカラー処理部209はZバッファ211を使用して隠面消去を行う。

【0038】例えば、演算処理部103が、グラフィックス処理部111に、世界座標系における三角形ポリゴンの各頂点の位置及び色並びに光源に関する情報をデータとし、透視変換及び光源計算を行う描画命令を出力した場合には、以下のような処理がグラフィックス処理部111内で実施される。描画命令を受信したバス制御部201は命令を幾何演算部207に出力する。幾何演算部207は、透視変換及び光源計算を実施し、三角形ポリゴンの各頂点のスクリーン座標系における座標値（Z値を含む）及び色を計算する。幾何演算部207は、この計算結果を三角形描画処理部205に出力する。

【0039】三角形描画処理部205は、三角形ポリゴンの各頂点における座標値（Z値を含む）及び色を用いて、三角形ポリゴン内部の各画素における座標値（Z値を含む）及び色を計算する。さらに、三角形描画処理部205は、この各画素における座標値（Z値を含む）及び色をピクセルカラー処理部209に出力する。ピクセルカラー処理部209は、Zバッファ211から当該画素の現在のZ値を読み出して、三角形描画処理部205から出力されたZ値と比較する。もし、出力されたZ値が現在のZ値より小さければ、ピクセルカラー処理部209は、出力されたZ値を当該画素に対応するZバッファ211内の記憶位置に格納し、当該画素の座標値に対応するフレーム・バッファ213内の記憶位置に当該画素の色を格納する。

【0040】なお、当該画素の色に透明度が設定されている場合がある。その場合には、ピクセルカラー処理部209は、当該画素の座標値に対応するフレームバッファ213内の記憶位置に記憶されている色と、当該画素の色とを透明度に基づいて合成する。その結果、合成色が生成される。ピクセルカラー処理部209は、生成さ

12

れた合成色を前と同じ記憶位置に格納する。

【0041】以下に示す実施の形態は、図1に示されたコンピュータによって実施される。

【0042】1. 実施の形態1

次に本発明の実施の形態1の概略を図3の機能ブロック図を用いて説明する。実施の形態1として図示したレンダリング装置には、輪郭描画用モデル取得部300、輪郭描画用モデル配置用マトリックス設定部305、輪郭描画用モデル処理部310、かすれ表現テクスチャマッピング部320、隠面消去処理部335を含むピクセル処理部330、及び立体モデル処理部340が含まれる。

【0043】輪郭描画用モデル取得部300は、例えば三角形ポリゴンで構成された立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを生成する。なお、輪郭描画用モデルが予め生成してある場合には、輪郭描画用モデル取得部300は当該予め生成されている、三角形ポリゴンで構成された輪郭描画用モデルを読み出す。なお、取得される輪郭描画用モデルの各面は、立体モデルの対応する面とは表裏が逆になっている。また、輪郭描画用モデルは立体モデルより大きく、輪郭線用の所定の配色にて定義される。なお、輪郭描画用モデルは、最終的には対応する立体モデルより相対的に小さくしなければならないが、この段階における輪郭描画用モデルの大きさは立体モデルと同じ場合もある。この場合は、輪郭描画用モデル及び立体モデルが描画されるまでに、輪郭描画用モデルが立体モデルより相対的に大きく描画されるよう処理される。また、輪郭描画用モデルの色は、対応する立体モデルの材質の色をそのまま引き継ぐ場合もある。この場合、描画用の色は別に指定される。

【0044】この輪郭描画用モデルの基準位置は、通常対応する立体モデルの基準位置と同じ又はその近傍に位置するように定義される。例えば図4に輪郭描画用モデル510のサイズが立体モデル500のサイズよりひとまわり大きく定義されている場合を示す。この図4では、各面の矢印方向がおもて面を示している。立体モデル500は六角形の各面の外側がおもて面であり、輪郭描画用モデル510は六角形の各面の内側がおもて面となっている。

【0045】立体モデル500の基準位置である立体モデル基準位置520と、輪郭描画用モデル510の基準位置である輪郭描画用モデル基準位置530は共に各モデルの中心に定義される。また輪郭描画用モデル510は輪郭描画用モデル基準位置530を中心に、立体モデル500よりひとまわり大きく定義される。

【0046】そして、輪郭描画用モデル配置用マトリックス設定部305（図3）が、仮想空間内の輪郭描画用モデル基準位置530を、立体描画用モデル基準位置520と同じ位置に配置するための配置用マトリックスを設定する。すなわち、輪郭描画用モデル510の配置用

13

マトリックスを、輪郭描画用モデル基準位置530を立体モデル基準位置520の座標に平行移動させる変換を含むように設定することで、立体モデル500を包含する位置に輪郭描画用モデル510が配置される。

【0047】輪郭描画用モデル処理部310は、輪郭描画用モデルの各頂点につき、頂点変換（拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換）を実施し、且つ輪郭描画用モデルの各面（又はポリゴン）の表裏判定を実施する。この頂点変換には上で述べた配置用マトリックスも用いられる。なお、ここで光源計算は実施されない。例えば、

仮想三次元空間である仮想空間において指定された状態に合わせて拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換するだけでなく、輪郭描画用モデル取得部300において立体モデルと同じ大きさの輪郭描画用モデルを取得した場合には、輪郭描画用モデル処理部310は、輪郭線描画用モデルのサイズの拡大を行うための頂点変換を実施する。ここで拡大した場合も立体モデルと輪郭描画用モデルの関係は図4のようになる。

【0048】また、面の表裏判定は、カメラ550からの視線540の方向と同じ方向がおもて面の方向である面を描画の対象から外すために行われる。図4の例では、輪郭描画用モデル510のカメラ550に近い面511及び512が描画対象から外れる。このようにすると、立体モデル500の外側にあり且つカメラ550に近い面は描画対象から外れるので、立体モデル500は通常どおり描画される。一方、輪郭描画用モデル510は、立体モデル500より後ろの面513、514、515及び516のみが描画対象となる。但し、ピクセル処理部330の隠面消去処理部335にて隠面消去が行われるので、描画対象となってもその面の全てが描画されるわけではない。

【0049】かすれ表現テクスチャマッピング部320は、結果的に描画される輪郭線がかすれているような線になるように、輪郭描画用モデルにかすれ表現用テクスチャをマッピングするための処理を実施するものである。このかすれ表現用テクスチャは、明度又は透明度の変化を含む図柄を有するテクスチャで後に例を示す。なお、必ずしも輪郭線がかすれている必要は無いので、かすれ表現テクスチャマッピング部320を選択的に動作させるようにする。

【0050】立体モデル処理部340は、立体モデルの処理を行うものである。すなわち、立体モデル処理部340は、立体モデルの各頂点に対し、頂点変換（拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換）及び光源計算を実施し、立体モデルの各面（又はポリゴン）の表裏判定を行う。仮想三次元空間において指定された状態に合わせて拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換するだけでなく、輪郭描画用モデル処理部310で処理された後の輪郭描画用モデルが立体モデルと同じ大きさである場合には、立体モデル処理部340は、立体モデルが輪郭描画

(8)

特開2001-84404

14

用モデルに対して相対的に小さくなるように立体モデルのサイズを縮小するための頂点変換を実施する。

【0051】立体モデル処理部340が縮小処理を行った場合も立体モデル500と輪郭描画用モデル510の関係は図4のようになる。また、面の表裏判定は、輪郭描画用モデル処理部310と同じで、立体モデルの面のうちカメラの視線方向と同じ方向がおもて面の方向である面を描画対象から除外する。図4の例では、カメラから見て後ろの方の面503、504、505及び506が描画対象から除外される。

【0052】ピクセル処理部330は、各ピクセルの描画処理を行う。例えば、ピクセル処理部330は、面内の各ピクセルの色を面の頂点の色から補間して求め、Zバッファを使用した隠面消去処理を実施しつつ、各ピクセルの色を決定する。ピクセル処理部330は、当該処理を、輪郭描画用モデル処理部310及び立体モデル処理部340において描画対象とされた面について行う。

【0053】例えば図4の場合には、立体モデル500のカメラ550に最も近い2つの面501及び502が描画され、輪郭描画用モデルのカメラ550から遠い4つの面513、514、515及び516が描画される。輪郭描画用モデル510のこの4つの面は、カメラ550から見ると立体モデル500から左右にはみ出しているため、はみ出している部分のみが隠面消去されずに描画される。このはみ出している部分が輪郭線となる。なお、ピクセル処理部330は、輪郭描画用モデルのマテリアルの色を考慮して色を決定する。なお、このマテリアルの色を全く無視して輪郭線の色（黒又は暗い輪郭線用の色）を輪郭描画用モデルの色とする場合もある。

【0054】次に、実施の形態1についての処理フローを説明する。なお、以下の処理は、演算処理部103（図1）がコンピュータ本体101内の他の要素を制御して実施される処理である。

【0055】〔CD-R記録処理〕図5には、予め行われる輪郭描画用モデルの生成処理が示されている。処理が開始すると、HDD107に予め記憶された立体モデルのデータが読み出され（ステップS303）、変換対象モデルとして取得される。

【0056】次に、この変換対象モデルのサイズがひとまわり大きくなるよう拡大される（ステップS305）。例えば、変換対象モデルの各頂点の法線方向に、当該変換対象モデルの全長の2パーセントの長さだけ当該頂点が移動され、全体として2パーセント程度拡大される。すなわち、例えば当該変換対象モデルが人間型で、その身長が1.8m相当であれば、各頂点は0.036mに相当する長さだけ移動される。この拡大率がより大きい場合は輪郭線はより太く描画され、拡大率がより小さく、変換対象モデルがわずかに拡大されただけである場合には輪郭線はより細く描画される。更に、均一

(9)

特開2001-84404

15

でなく一部がより拡大されれば、より拡大された部分の輪郭線のみが太く描画される。このサイズの調整は、通常立体モデルの製作者により行われるので、当該製作者の意図を反映した輪郭線を描画することができる。

【0057】なお、立体モデルの各頂点の法線が定義されていない場合には、当該頂点を共有する各面の法線を補間することにより求められる当該頂点の法線を用いて、当該頂点を当該頂点の法線方向に移動させることもできる。また、立体モデルの各面の法線方向に当該面を移動させることもできる。しかし単純に面が移動されただけである場合には、面と面との間に隙間が生じてしまうので、それを埋めるための処理が別途必要になる。更に、通常立体モデルには基準位置が定義されているので、対応する変換対象モデルの基準位置を中心に、変換対象モデルの各頂点を移動させることもできる。

【0058】次に、変換対象モデルの各面のマテリアルの色が、彩度は同じで明度を低くした色に設定される（ステップS307）。なお、各面がすべて黒などの単一色に設定されるとしてもよい。また、かすれ表現用テクスチャをマッピングするための設定がされるとしてもよい。マテリアルの色は製作者により調整されるので、当該製作者の意図した色で輪郭線を描画することができる。

【0059】次に、変換対象モデルの各面の表裏を反転する（ステップS309）。具体的には、変換対象モデルを構成する各三角形の頂点が定義されている順番を一つ入れ替える。なお、表裏判定方法の詳細は後述する。

【0060】ここまでで変換された変換対象モデルのデータを、輪郭描画用モデル・データとしてHDD107に記憶し（ステップS311）、輪郭描画用モデル生成処理を終了する（ステップS313）。

【0061】次に、HDD107に記憶された、輪郭描画用モデル・データを含む各種データが、CD-Rドライブ113によりCD-R131に書き込まれる。図6には、CD-R131に書き込まれたデータの例が模式的に示されている。

【0062】プログラム領域132には、コンピュータ1000に本発明を実施させるためのプログラムが格納される。但し、本発明を実施するプログラムは、CD-R131に書き込むまでの処理と、後に詳述される図7に示される処理とに分けることができる。よって、上で述べた輪郭描画用モデルを生成して輪郭描画用モデル・データを含む各種データをCD-R131に書き込む処理を行うプログラムはここには含まないとしてもよい。このようにする事で、図7に示される処理を、例えばCD-Rドライブ113の代わりにCD-ROMドライブを備えた、コンピュータ1000とは別のコンピュータで実施することもできる。

【0063】システムデータ領域133には、上で述べ

16

たプログラム領域132に格納されるプログラムによって処理される各種データが格納される。画像データ領域134には、輪郭描画用モデル・データ135を含むデータが格納される。但し、後述する輪郭描画用モデル取得処理において輪郭描画用モデルを生成する場合には、輪郭描画用モデル・データ135が格納される必要はない。なお、立体モデル及びかすれを表現するテクスチャ等のデータも画像データ領域134に格納される。

【0064】サウンドデータ領域136には、図1に示されたサウンド処理部109によりサウンド出力装置125からサウンドを出力させるためのデータが格納される。なお、サウンド処理は本発明と直接関係は無いので、サウンドデータ領域136にデータが格納されている必要はない。

【0065】なお、CD-R131に格納される輪郭描画用モデルのサイズは、対応する立体モデルのサイズと同じ大きさに定義されるときもよい。この場合には、後述する輪郭描画用モデル取得処理で輪郭描画用モデルが取得された後に、後述する輪郭描画用モデル配置処理で輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定されるまでの間に輪郭描画用モデルが拡大される。あるいは、輪郭描画用モデル配置処理で輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定される際に、当該配置用マトリックスが拡大変換を含むように当該配置用マトリックスが決定されるときもよい。逆に、立体モデルを配置する際に、立体モデルの配置用マトリックスが縮小変換を含むように立体モデルの配置用マトリックスが決定されるときもよい。

【0066】また、CD-R131に格納される輪郭描画用モデルの各面のマテリアルの色は、対応する立体モデルの各面のマテリアルの色と同一であってもよい。この場合、後述される輪郭描画用モデルの描画処理の際に、例えば、黒などの別途定義された色で輪郭描画用モデルが描画される。

【0067】〔全体の処理フロー〕図7に実施の形態1の全体の処理フローを示す。処理が開始すると、初期設定が行われる（ステップS2）。この初期設定の処理には、後に詳述する輪郭描画用モデルのデータ取得処理（図8）や、描画すべき立体モデルのデータ取得処理が含まれる。そして、仮想空間内の状態が設定される（ステップS3）。この処理は、例えば視点の位置が変更されたり、光源の位置が変更されたり、モデルが移動させたり、モデルが変形された場合に、それに応じて仮想空間内の状態を変更する処理である。この処理が行われることで、立体モデル及び輪郭描画用モデルの位置座標・方向・拡大率・縮小率等の決定処理が行われる。より具体的には立体モデル及び輪郭描画用モデルの配置用マトリックス（図10で使用）の決定処理が行われる。また入力装置161（図1）のキー操作等に従ってステップS4の輪郭線描画か否かの設定がこのステップS3で行

(10)

特開2001-84404

17

18

われる。

【0068】次に、輪郭線を描画するか否かの判断処理が行われる（ステップS4）。これは上で述べたように入力装置161のキー操作等による設定又は他のプログラムによる設定に基づき判断される。そして、輪郭線を描画すると判断された場合には、輪郭線描画用モデルの描画処理が実施される（ステップS5）。これについては後に図10を用いて説明する。そして輪郭線が描画される場合も描画されない場合も立体モデルの描画処理が実施される（ステップS6）。この処理についても後に図14を用いて説明する。このステップS3乃至S6が処理終了まで繰り返して実施される（ステップS7）。処理終了であるか否かは、処理を終了すべき旨の操作入力が行われたか否かによって判断される。

【0069】〔輪郭描画用モデル取得処理〕図8には、輪郭描画用モデルの取得処理が示されている。ここではまず、輪郭描画用モデルが生成されるか否かが判断される（ステップS203）。輪郭描画用モデルを予め用意しておく場合と輪郭描画用モデルをこの段階にて生成する場合が存在するためである。ここでこの判断は、例えば立体モデルに対応した輪郭描画用モデルがCD-R131に格納されているか否かを判定する事により実施される。格納されていると判断されれば輪郭描画用モデルは生成されないと判断され、格納されていないと判断されれば、輪郭描画用モデルは生成されると判断される。

【0070】輪郭描画用モデルが生成されないと判断された場合には、CD-R131に格納されている輪郭描画用モデルのデータが読み出される（ステップS207）。この輪郭描画用モデルの各面は、上で図4及び図5を用いて説明されたように、立体モデルの対応する面とは表裏が反転されたものである。また読み出される輪郭描画用モデルのサイズは、対応する立体モデルより一回り大きく定義される。更に、輪郭描画用モデルの色は、対応する立体モデルより暗い色で定義される。

【0071】もし輪郭描画用モデルが生成されると判断された場合には、輪郭描画用モデルを生成する処理が行われる（ステップS205）。ステップS207と同じように、この段階において輪郭描画用モデルが生成される場合においても、輪郭描画用モデルの各面は、上で図4を用いて説明されたように、立体モデルの対応する面とは表裏反転したものにする。

【0072】輪郭描画用モデルのサイズは、対応する立体モデルより一回り大きく生成される。ステップS305（図5）と同じように、例えば立体モデルの各頂点の法線方向に当該頂点を移動させて拡大された輪郭描画用モデルが生成される。輪郭描画用モデルが立体モデルに比してより大きい場合は輪郭線はより太く描画され、輪郭描画用モデルが立体モデルよりわずかに大きいだけである場合は輪郭線はより細く描画される。

【0073】また、ステップS305（図5）の説明で

述べられているように、立体モデルの各面の法線方向に当該面を移動させて拡大された輪郭描画用モデルが生成されるとしてもよい。さらに、通常立体モデルに定義されている基準位置を中心に、その立体モデルの各頂点を移動させて拡大された輪郭描画用モデルが生成されるとしてもよい。

【0074】なお、この時点では、輪郭描画用モデルのサイズは、対応する立体モデルのサイズと同じ大きさで生成されるとしてもよい。この場合には本輪郭描画用モデル取得処理で輪郭描画用モデルが取得された後、後述する輪郭描画用モデル配置処理で輪郭描画用モデルの配置マトリックスが設定されるまでの間に輪郭描画用モデルは拡大される。あるいは、輪郭描画用モデル配置処理で輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定される際に、当該配置用マトリックスが拡大変換を含むように当該配置用マトリックスが決定されるとしてもよい。逆に、立体モデルを配置する際に、立体モデルの配置用マトリックスが縮小変換を含むように立体モデルの配置用マトリックスが決定されるとしてもよい。

【0075】一方、輪郭描画用モデルの各面のマテリアルの色は、対応する立体モデルの各面のマテリアルの色をより暗くした色で生成される。なお、ステップS307（図5）の説明で述べられているのと同様に、この時点では、生成される輪郭描画用モデルの色は定義されていなくてもよい。あるいは、輪郭描画用モデルの各面のマテリアルの色が、対応する立体モデルの各面のマテリアルの色と同一であっても良い。この場合、輪郭描画用モデルの描画処理の際に、輪郭描画用モデルの色は考慮されず、例えば黒などの別途定義された色か、かすれを表現するテクスチャの色で輪郭描画用モデルが描画される。

【0076】次に、輪郭描画用モデルにかすれを表現するテクスチャがマッピングされるか否かが判断される（ステップS209）。ステップS205で輪郭描画用モデルが生成された場合には、対応する立体モデルのデータに基づいて当該判断が実施される。一方、ステップS207で輪郭描画用モデルが読み出された場合には、読み出された輪郭描画用モデルのデータに基づいて当該判断が実施される。かすれを表現するテクスチャがマッピングされると判断された場合には、ステップS211にて輪郭描画用モデルにかすれを表現するテクスチャがマッピングされる。すなわち、ポリゴンの各頂点にテクスチャ座標（U、V）が設定される。

【0077】なお、上で述べたように、かすれを表現するテクスチャは、明度又は透明度の変化を含む図柄を有する。図9には明度の変化を含むテクスチャの一例が示されている。これは黒地に白の斜線が細かく入った図柄を有するテクスチャである。黒部分の明度は低く、白部分の明度は高いので、図9に示されたテクスチャは明度の変化を含んでいる。

(11)

特開2001-84404

19

【0078】本発明において輪郭線は、輪郭描画用モデルの一部が線として切り出されて描画される。すなわち、図9のテクスチャがマッピングされた輪郭描画用モデルが輪郭線として描画される場合、輪郭描画用モデルから輪郭線として切り出される線に対応する線が当該テクスチャから切り出されて描画される。このとき、当該テクスチャから略縦方向又は略横方向に線が切り出されれば、いずれの線も明度の変化を含むことになる。このような線が輪郭線として描画されることで、明度の変化を含む輪郭線が描画される。すなわち、輪郭線のかすれが表現され、より手書き調の輪郭線が描画される。

【0079】図9に示されたテクスチャであれば、いずれの方向に線が切り出されてもその線は明度の変化を含む。しかし切り出される方向によってはほとんど明度が変化しない場合もある。輪郭描画用モデルのどの部分かどの方向に輪郭線として描画されるかは調整できるので、かすれを表現するテクスチャは、主に切り出される方向に応じてその図柄が調整される。

【0080】なお、透明度の変化を含む図柄を含む図柄を有するテクスチャがマッピングされた輪郭描画用モデルにより輪郭線が描画される場合には、当該輪郭線は透明度の変化を含む。透明度の高い部分にはその割合に応じて背景の色に近い色が描画され、低い部分には例えば黒等の当該テクスチャの色に近い色が描画される。これにより濃淡の変化を含む輪郭線が描画され、輪郭線のかすれが表現される。

【0081】かすれを表現するテクスチャがマッピングされないと判断された場合と、テクスチャがマッピングされる処理が終了した場合は、演算処理部103は輪郭描画用モデル取得処理を終了する（ステップS213）。

【0082】〔輪郭描画用モデル配置処理〕図7のステップS3において輪郭描画用モデルの配置マトリックスが設定され、輪郭描画用モデルの配置処理が行われる。通常輪郭描画用モデルの基準位置は、立体モデルの基準位置に対応する位置に設けられる。そしてその輪郭描画用モデルの基準位置が、立体モデルの基準位置と同一又は近傍に配置されるように、輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定される。

【0083】ここで立体モデルの方向が変化する場合には、輪郭描画用モデルもそれに対応するよう回転変換を含む配置用マトリックスが設定される。立体モデルの形状が変化する場合には、輪郭描画用モデルがそれに対応するように変形処理が行われる。

【0084】この段階において輪郭描画用モデルが対応する立体モデルと同じ大きさである場合には、輪郭描画用モデルが拡大される。具体的には、輪郭描画用モデルの基準位置を中心として輪郭描画用モデルの各頂点が所定の拡大率に従って拡大変換されるように、輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定される。あるいは逆

20

に、立体モデルが縮小されるとしてもよい。すなわちこの場合には、立体モデルの基準位置を中心として立体モデルの各頂点が所定の縮小率に従って縮小変換されるように、立体モデルの配置用マトリックスが設定される。

【0085】このようにすると、最終的には、相対的に大きい輪郭描画用モデルが立体モデルを包含するように配置される。両モデルの配置位置、方向、形状等の関係により、輪郭描画用モデルは完全には立体モデルを包含しない場合も生じ得る。但し、このような場合であっても、包含している部分については輪郭線が描画される。

【0086】なお、この段階では必ずしも配置用マトリックスが設定されている必要は無く、配置される座標、方向及び拡大・縮小率等の頂点変換に必要な各要素が確定していればよい。この場合も、実際の頂点変換は各モデルの描画処理の段階で行われる。

【0087】〔輪郭描画用モデル描画処理〕輪郭描画用モデルの描画処理フローを示す図10では、輪郭描画用モデルの全ての頂点について処理するまで、以下に説明する処理が繰り返し行われる（ステップS503）。繰り返し行われる最初の処理は、1つの頂点についての頂点変換（拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換）処理である（ステップS505）。ここではステップS3で求められた配置用マトリックスも頂点変換で用いられる。

【0088】例えば、この処理は演算処理部103により命令された幾何演算部207が実施する。ここで注意したいのは輪郭描画用モデルに対しては幾何演算部207が光源計算を実施しない点である。これは輪郭線は光源の位置等によらず描画され、光源計算をするのが無駄だからである。例えば輪郭描画用モデルのマテリアルの色は無視される場合もある。通常この頂点変換は、仮想三次元空間において指定された状態に基づき行われるが、もし輪郭描画用モデルの大きさが立体モデルと同じである場合には、配置処理で設定された配置用マトリックスに従って、この段階において輪郭描画用モデルが拡大変換される場合もある。

【0089】そして、当該頂点を含むポリゴン（面）はおもて面か否かの判断処理が行われる（ステップS507）。この判断は、三角形ポリゴンの場合この頂点の前に処理された2つの頂点から構成される三角形ポリゴンがいずれの方向を向いているかで判断される。図11には、表裏判定方について説明するための、立体モデルを構成する三角形ポリゴンの例が示されている。この例では、図中上部の頂点の頂点番号が0、下部左側の頂点の頂点番号が1、下部右側の頂点の頂点番号が2である。すなわち、上部の頂点から反時計回りに、頂点番号が付与されている。

【0090】実施の形態1では、三角形ポリゴンの各頂点の頂点番号が反時計回りに付与されているように見える面が、おもて面と定義されている（いわゆる右手

(12)

特開2001-84404

21

系)。従って、図11の三角形ポリゴンは、紙面手前方向がおもて面である。おもて面の方向に法線ベクトルがあるとすると、その法線ベクトルと視線ベクトルとの内積の符号によって、三角形ポリゴンの表裏が判定できる。すなわち、内積の符号が正であれば、視点位置に対しておもて面を向けていることになり、内積の符号が負であれば、視点位置に対してうら面を向けていることとなる。

【0091】実際には図12に示されているように、スクリーンに投影された頂点0から頂点1へのベクトルaとスクリーンに投影された頂点0から頂点2へのベクトルbの外積 $a \times b$ が計算され、この外積の結果であるベクトルnの方向にておもて面か否かが判断される。ベクトルnはz軸に平行であり、ベクトルnのz成分の符号を検査すればおもて面か否かが判定される。すなわち、正ならおもてで、負ならうらである。図12左側は三角形の頂点の番号は反時計回りであり、外積の結果であるベクトルnはz軸の正の方向に向いているのでおもてである。一方図12右側は三角形の頂点の番号は時計回りであり、外積の結果であるベクトルnはz軸の負の方向

【0092】実施の形態1における輪郭描画用モデルの場合、輪郭描画用モデルの面は立体モデルの対応する面とは表裏が逆になっている。図13には図11のポリゴンに対応し、表裏が反転されたポリゴンが示されている。図13に示す三角形ポリゴンの各頂点には、図中上方、右下、左下の順で0、1、2の頂点番号が付与されている。すなわち、対応する三角形ポリゴンには図11とは逆の順番で頂点番号が付されている。よって、図13では紙面手前がうら面と判定される。なお、実施の形態1ではこの段階において表裏判定を行うが、この段階より前に表裏判定を行うようにすることも可能である。

【0093】もし、当該頂点を含むポリゴン（面）がうら面であった場合にはステップS503に戻る。当該頂点を含むポリゴン（面）がおもて面であった場合には、かすれを表現するテクスチャをマッピングするか否かが判断される（ステップS509）。

【0094】これはポリゴンに対するテクスチャ・マッピングを意味している。もし、かすれを表現するテクスチャをマッピングする場合には、その頂点に対する、かすれを表現するためのテクスチャのテクスチャ座標が計算される（ステップS511）。テクスチャ・マッピングを行う場合、既にポリゴンの頂点にはテクスチャ座標（U、V）が指定してあるが、当該ポリゴンがスクリーンに対して斜めに配置されている場合にはテクスチャがスクリーン上で歪んで表示されることがある。この歪みを避けるために、テクスチャ・パースペクティブ処理として、ここでは、 $Q = 1/w$ （wはスクリーンからの奥行き）を用いて、 $S = U \times Q$ 、 $T = V \times Q$ の計算が行われる。もし、かすれを表現するテクスチャをマッピング

22

しない場合にはステップS513に移行する。

【0095】そして、例えば図2に示した三角形描画処理部205及びピクセルカラー処理部209が駆動される（ステップS513）。上で述べたように三角形描画処理部205は、三角形ポリゴンの各頂点のデータを捕間して、三角形ポリゴン内部の各ピクセルにおけるデータを生成する。各頂点のデータは、マテリアルの色、スクリーン座標値、及びステップS511を実施すればテクスチャ座標値である。各ピクセルにおけるデータは、マテリアルの色及びステップS511を実施すればテクセル・カラーである。

【0096】但し、この時点でマテリアルの色を無視して、各頂点に輪郭線の色を設定することも可能である。またマテリアルの色を考慮して、輝度を設定することも可能である。ピクセルカラー処理部209は、三角形描画処理部205が生成する三角形ポリゴン内部の各ピクセルにおけるデータを使用して、フレームバッファ213に表示画像を書き込む。この際、Zバッファ211を使用して隠面消去を行う。

【0097】隠面消去にはZバッファ211を使用する例を示しているが、図4に示すような簡単なモデルについてはZバッファを使用しない、例えばZソート法のような隠面消去処理を実施しても良い。但し、もっと複雑なモデル、例えば人物の手などが胴体より前に配置されている場合等には、Zバッファを使用した隠面消去を行わないと、正確に輪郭線を描画することは困難である。

【0098】〔立体モデル描画処理〕図14に実施の形態1及び後に述べる実施の形態2に共通する立体モデルの描画処理のフローを示す。ここでは、立体モデルの全ての頂点を処理するまで以下の処理が繰り返される（ステップS603）。繰り返される第1の処理は、一つの頂点についての頂点変換（拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換）及び光源計算である（ステップS605）。これは例えば演算処理部103からの命令により幾何演算部207が実行する。立体モデルのデータは例えばCD-R131に格納されている。

【0099】拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換は、基本的には図7のステップS3において設定された仮想空間内における状態に基づくものである。但し、輪郭描画用モデルが立体モデルと同じ大きさである場合には、立体モデルのサイズを縮小することにより輪郭描画用モデルを相対的に大きくする場合もある。この場合には、ステップS605において縮小変換が実施される。なお、立体モデルの中心に向かって各頂点をその法線に沿って移動させると簡単に縮小できる。ここで透視変換は、世界座標系のポリゴンの各頂点の座標値をスクリーン座標系における座標値に変換するものである。また光源計算は、光源から発せられた仮想的な光線により生じる陰影（輝度）を計算するものである。

【0100】次に、当該頂点を含むポリゴン（面）はお

(13)

特開 2001-84404

23

もて面か否かが判断される（ステップS607）。この判断は、三角形ポリゴンの場合この頂点の前に処理された2つの頂点から構成される三角形ポリゴンがいずれの方向を向いているかで判断する。この判断は輪郭描画用モデルの描画処理で説明した方法を用いることができる。なお、実施の形態1ではこの段階において表裏判定を行うが、この段階より前に表裏判定を行うようにすることも可能である。

【0101】もし、当該頂点を含むポリゴン（面）がうら面であった場合にはステップS603に戻る。当該頂点を含むポリゴン（面）がおもて面であった場合にはその頂点のテクスチャ座標の計算処理が行われる（ステップS609）。テクスチャ・マッピング処理が行われる場合、既にポリゴンの頂点にはテクスチャ座標（U, V）が指定してあるが、テクスチャ・バースペクティブ処理として、ここでは、 $Q = 1/w$ （wはスクリーンからの奥行き）を用いて、 $S = U \times Q$ 、 $T = V \times Q$ の計算が行われる。但し、テクスチャ・マッピングを行うか否かは任意である。

【0102】そして、例えば図2に示した三角形描画処理部205及びピクセルカラー処理部209が駆動される（ステップS611）。上で述べたように三角形描画処理部205は、三角形ポリゴンの各頂点のデータを捕間して、三角形ポリゴン内部の各ピクセルにおけるデータを生成する。各頂点のデータは、マテリアルの色、スクリーン座標値、及びテクスチャ座標値である。また、各ピクセルにおけるデータは、マテリアルの色及びテクセル・カラーである。ピクセルカラー処理部209は、三角形描画処理部205が生成する三角形ポリゴン内部の各ピクセルにおけるデータを使用して、フレームバッファ213に表示画像を書き込む。この際、Zバッファ211を使用して隠面消去を行う。

【0103】以上のような処理を実施すると、立体モデルは通常どおりレンダリングされ、実施の形態1で導入された輪郭描画用モデルは、立体モデルの後ろの面のうち立体モデルに隠れない部分が描画されるので、その部分が輪郭線としてレンダリングされる。実施の形態1では、輪郭描画用モデルを導入するだけで通常の立体モデルとほぼ同様の処理を行うことにより簡単に輪郭線を描画できるようになる。

【0104】2. 実施の形態2

本発明の実施の形態2の概略を図15の機能ブロック図を用いて説明する。実施の形態2として図示したレンダリング装置には、輪郭描画用モデル取得部400、輪郭描画用モデル配置用マトリックス設定部405、逆転表裏判定部415を含む輪郭描画用モデル処理部410、かすれ表現テクスチャマッピング部420、隠面消去処理部435を含むピクセル処理部430、及び立体モデル処理部440が含まれる。

【0105】輪郭描画用モデル取得部400は、例えば

24

三角形ポリゴンで構成された立体モデルに対応する輪郭描画用モデルを生成する。なお、輪郭描画用モデルが予め生成してある場合には、輪郭描画用モデル取得部400は、当該予め生成されている、三角形ポリゴンで構成された輪郭描画用モデルを読み出す。実施の形態2は実施の形態1とは異なり、取得される輪郭描画用モデルの各面は、立体モデルの対応する面と表裏が同じである。また輪郭描画用モデルは立体モデルより大きく、輪郭線の所定の配色にて定義される。なお、輪郭描画用モデルは、最終的には対応する立体モデルより相対的に大きくなければならないが、この段階における輪郭描画用オブジェクトの大きさは立体モデルと同じ場合もある。この場合には、輪郭描画用モデルと立体モデルが描画されるまでに、輪郭描画用モデルが立体モデルより相対的に大きく描画されるよう処理される。

【0106】また、輪郭描画用モデルの色は、対応する立体モデルのマテリアルの色をそのまま引き継ぐ場合もある。この場合は描画用の色は別に指定される。この輪郭描画用モデルの基準位置は、通常対応する立体モデルの基準位置と同じ又はその近傍に位置するように定義される。例えば図16には、輪郭描画用モデル610が立体モデル600よりひとまわり大きく定義されている場合が示されている。この図16では、各面の矢印方向がおもて面を示している。立体モデル600も輪郭描画用モデル610も六角形の各面の外側がおもて面となっている。

【0107】立体モデル600の基準位置である立体モデル基準位置620と、輪郭描画用モデル610の基準位置である輪郭描画用モデル基準位置630は共に各モデルの中心に定義される。また輪郭描画用モデル610は輪郭描画用モデル基準位置630を中心に立体モデル600よりひとまわり大きく定義される。

【0108】そして輪郭描画用モデル配置用マトリックス設定部405（図15）が、仮想空間内の輪郭描画用モデル基準位置630を、立体モデル基準位置620と同じ位置に配置するための配置用マトリックスを設定する。この配置用マトリックスは対応するモデルの各頂点に対する平行移動、回転、拡大・縮小等の変換のために用いられる。すなわち、輪郭描画用モデル610の配置用マトリックスが輪郭描画用モデル基準位置530を立体モデル基準位置520の座標に平行移動させる変換を含むよう設定することで、立体モデル600を包含する位置に輪郭描画用モデル610が配置される。

【0109】輪郭描画用モデル処理部410は、輪郭描画用モデルの各頂点につき、頂点変換（拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換）を実施し、且つ輪郭描画用モデルの各面（又はポリゴン）の表裏判定を実施する。この頂点変換には上で述べた配置用マトリックスが用いられる。但し、実施の形態1とは異なり、この表裏判定は逆転表裏判定部415で行われる。またここでは光源計

(14)

25

算を実施しない。例えば仮想三次元空間である仮想空間において指定された状態に合わせて拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換するだけでなく、輪郭描画用モデル取得部400において立体モデルと同じ大きさの輪郭描画用モデルを取得した場合には、輪郭描画用モデル処理部410は、輪郭線描画用モデルの拡大を行うための頂点変換を実施する。ここで拡大した場合も立体モデルと輪郭描画用モデルの関係は図16のようになる。

【0110】また、実施の形態2の輪郭描画用モデルの場合には、おもて面をうらと判断し、うら面をおもてと判断する。よって、図16の例ではカメラ650からの視線640の方向と同じ方向に矢印が向いている面613、614、615及び616のみを描画対象とする。この面は通常であればうら面であるから描画対象から外れるが、実施の形態2では描画対象として取り扱う。このようにすると、立体モデル600の外側にあり且つカメラ650に近い面611及び612は描画対象から外れるので、立体モデル600は通常どおり描画される。なお、ピクセル処理部430の隠面消去処理部435にて隠面消去が行われるので、描画対象となってもそれらの面の全てが描画されるわけではない。

【0111】かすれ表現テクスチャマッピング部420は、結果的に描画される輪郭線がかすれているような線になるように、輪郭描画用モデルにかすれ表現用テクスチャをマッピングするための処理を実施するものである。なお、必ずしも輪郭線がかすれている必要はないので、かすれ表現テクスチャマッピング部420を選択的に動作させるようにする。

【0112】立体モデル処理部440は、立体モデルの処理を行うものである。すなわち、立体モデル処理部440は、立体モデルの各頂点に対し、頂点変換（拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換）及び光源計算を実施し、立体モデルの各面（又はポリゴン）の表裏判定を行う。仮想三次元空間において指定された状態に合わせて拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換するだけでなく、輪郭描画用モデル処理部410で処理された後の輪郭描画用モデルが立体モデルと同じ大きさである場合には、立体モデル処理部440は、立体モデルが輪郭描画用モデルに対して相対的に小さくなるように立体モデルのサイズを縮小するための頂点変換を実施する。ここで縮小した場合も立体モデルと輪郭描画用モデルの関係は図16のようになる。

【0113】また、面の表裏判定は、通常と同じで、すなわち輪郭描画用モデルの場合とは逆で、立体モデル600の面のうちカメラ650の視線640の方向と同じ方向に矢印が向いている面を描画対象から除外する。図16の例では、カメラ650から見て後ろの方の面603、604、605及び606が描画対象から除外される。ここでは、必要に応じて立体モデルのテクスチャマッピングのための処理も行う。

特開2001-84404

26

【0114】ピクセル処理部430は、各ピクセルの描画処理を行う。例えば、ピクセル処理部430は、面内の各ピクセルの色を面の頂点の色から補間して求め、Zバッファを使用した隠面消去処理を実施しつつ、各ピクセルの色を決定する。ピクセル処理部430は、当該処理を、輪郭描画用モデル処理部410及び立体モデル処理部440において描画対象とされた面について行う。

【0115】例えば図16の場合には、立体モデル600のカメラ650に最も近い2つの面601及び602が描画され、輪郭描画用モデルのカメラ650に遠い4つの面613、614、615及び616が描画される。輪郭描画用モデル610のこの4つの面は、カメラ650から見ると立体モデル600から左右にはみ出している部分のみが隠面消去されずに描画される。このはみ出している部分が輪郭線となる。なお、ピクセル処理部430は、輪郭描画用モデルのマテリアルの色を考慮して色を決定する。なお、マテリアルの色を全く無視して輪郭線の色（黒又は暗い輪郭線用の色）を輪郭描画用モデルの色とする場合もある。

【0116】次に、実施の形態2についての処理フローを説明する。なお、以下の処理は、演算処理部103がコンピュータ本体101内の他の要素と連携して行う処理である。

【0117】〔CD-R記録処理〕図17には、実施の形態2において予め行われる輪郭描画用モデルの生成処理が示されている。処理が開始すると、HDD107に予め記憶された立体モデルのデータが読み出され（ステップS353）、変換対象モデルとして取得される。

【0118】次に、その変換対象モデルのサイズがひとまわり大きくなるよう拡大される（ステップS355）。例えば、変換対象モデルの各頂点の法線方向に、当該変換対象モデルの全長の2パーセントの長さだけ当該頂点が移動され、全体として2パーセント程度拡大される。すなわち、例えば当該変換対象モデルが人間型で、その身長が1.8m相当であれば、各頂点は0.036m相当の長さだけ移動される。この拡大率がより大きい場合は輪郭線はより太く描画され、拡大率がより小さく、変換対象モデルがわずかに拡大されただけである場合には輪郭線はより細く描画される。更に、均一ではなく一部がより拡大されれば、より拡大された部分の輪郭線のみが太く描画される。この調整は、通常立体モデルの製作者により行われるので、当該製作者の意図を反映した輪郭線を描画することができる。

【0119】なお、立体モデルの各頂点の法線が定義されていない場合には、当該頂点を共有する各面の法線を補間することにより求められる当該頂点の法線を用いて、当該頂点を当該頂点の法線方向に移動させることもできる。

【0120】また、立体モデルの各面の法線方向に当該面を移動させることもできる。しかし単純に面が移動さ

(15)

27

れただけである場合には、面と面との間に隙間が生じてしまうので、それを埋めるための処理が別途必要になる。更に、通常立体モデルには基準位置が定義されているので、対応する変換対象モデルの基準位置を中心に、当該変換対象モデルの各頂点を移動させることもできる。

【0121】次に、変換対象モデルの各面のマテリアルの色が、彩度は同じで明度を低くした色に設定される（ステップS357）。なお、各面はすべて黒などの単一色に設定されるとしてもよい。また、かすれ表現テクスチャをマッピングするための設定がされるとしてもよい。マテリアルの色は製作者により調整されるので、当該製作者の意図した色で輪郭線を描画することができる。

【0122】実施の形態2では、変換対象モデルの各面の表裏を反転する処理は行われないので、ここまで処理された変換対象モデルのデータを、輪郭描画用モデル・データとしてHDD107に記憶し（ステップS361）、輪郭描画用モデル生成処理を終了する（ステップS363）。

【0123】次に、HDD107に記憶された、輪郭描画用モデル・データを含む各種データが、CD-Rドライブ113によりCD-R131に書き込まれる。図6に記載されているレベルでは、CD-R131に書き込まれたデータの例は実施の形態1と同じである。すなわち、プログラム領域132には、コンピュータ1000に本発明を実施させるためのプログラムが格納される。このプログラムは、CD-R131に書き込むまでの処理を含まないとしてもよい。システムデータ領域133には、上で述べたプログラム領域132に格納されるプログラムによって処理される各種データが格納される。

【0124】画像データ領域134には、輪郭描画用モデル・データ135を含むデータが格納される。ここで輪郭描画用モデル・データの示すモデルの各面の表裏は立体モデルの対応する面と同じである。また、後述する輪郭描画用モデル取得処理において、輪郭描画用モデルを生成する場合は、輪郭描画用モデル・データ135が格納される必要は無い。サウンドデータ領域136には、図1に示されたサウンド処理部109によりサウンド出力装置125からサウンドを出力させるためのデータが格納される。

【0125】なお、CD-R131に格納される輪郭描画用モデルのサイズは、対応する立体モデルのサイズと同じ大きさで定義されるとしてもよい。この場合には、後述する輪郭描画用モデル取得処理で輪郭描画用モデルが取得された後、後述する輪郭描画用モデル配置処理で輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定されるまでの間に輪郭描画用モデルが拡大される。あるいは、輪郭描画用モデル配置処理で輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定される際に、当該配列用マトリックス

特開2001-84404

28

が拡大変換を含むように当該配置用マトリックスが決定されるとしてもよい。逆に、立体モデルを配置する際に、立体モデルの配置用マトリックスが縮小変換を含むように立体モデルの配置用マトリックスが決定されるとしてもよい。

【0126】また、CD-R131に格納される輪郭描画用モデルの各面のマテリアルの色は、対応する立体モデルの各面のマテリアルの色と同一であってもよい。この場合、後述される輪郭描画用モデルの描画処理の際に、例えば黒などの別途定義された色で輪郭描画用モデルが描画される。

【0127】[全体の処理フロー] 図7に記載されているレベルの処理フローは実施の形態1と同じである。すなわち、最初に初期設定が行われる（ステップS2）。この初期設定では、後に詳述する輪郭描画用モデルのデータ取得処理（図18）を含む。そして、仮想空間内の状態が設定される（ステップS3）。この時輪郭描画用モデルの位置座標等の決定処理が実施される。次に、輪郭線を描画するか否かの判断処理が行われる（ステップS4）。もし輪郭線が描画される場合には、輪郭線描画用モデルの描画処理が実施される（ステップS5）。これについては後に図19を用いて説明する。そして輪郭線が描画される場合も描画されない場合も立体モデルの描画が行われる（ステップS6）。このステップS3乃至S6が処理終了まで繰り返される（ステップS7）。

【0128】[輪郭描画用モデル取得処理] 輪郭描画用モデルの取得処理が図18に示されている。ここではまず、輪郭描画用モデルが生成されるか否かが判断される（ステップS223）。輪郭描画用モデルを予め用意しておく場合と輪郭描画用モデルがこの段階にて生成される場合が存在するためである。ここでこの判断は、例えば立体モデルに対応した輪郭描画用モデルがCD-R131に格納されているか否かを判定する事により実施される。格納されていると判断されれば輪郭描画用モデルは生成されないと判断され、格納されていないと判断されれば、輪郭描画用モデルは生成されると判断される。

【0129】輪郭描画用モデルが生成されないと判断された場合には、CD-R131に格納されている輪郭描画用モデルのデータが読み出される（ステップS277）。この輪郭描画用モデルの各面は、上で図16及び図17を用いて説明されたように、実施の形態1とは異なり、立体モデルの対応する面とは表裏が同じものである。また読み出される輪郭描画用モデルのサイズは対応する立体モデルより一回り大きく定義される。更に、輪郭描画用モデルの色は、対応する立体モデルより暗い色で定義される。

【0130】もし輪郭描画用モデルが生成されると判断された場合には、輪郭描画用モデルを生成する処理が行われる（ステップS225）。ステップS227と同じように、この段階において輪郭描画用モデルを生成する

(16)

特開2001-84404

29

30

場合においても、輪郭描画用モデルの各面は、立体モデルの対応する面と表裏が同じものにする(図16参照)。

【0131】輪郭描画用モデルのサイズは、対応する立体モデルより一回り大きく生成される。ステップS355(図17)と同じように、例えば立体モデルの各頂点の法線方向に当該頂点を移動させて拡大された輪郭描画用モデルが生成される。輪郭描画用モデルが立体モデルに比してより大きい場合は輪郭線はより太く描画され、輪郭描画用モデルが立体モデルよりわずかに大きいだけ

である場合は輪郭線はより細く描画される。
【0132】また、ステップS355(図17)の説明で述べられているように、立体モデルの各面の法線方向に当該面を移動させて拡大された輪郭描画用モデルが生成されるとしてもよい。更に、通常立体モデルに定義されている基準位置を中心に、この立体モデルの各頂点を移動させて拡大された輪郭描画用モデルが生成されるとしてもよい。

【0133】なお、この時点では、輪郭描画用モデルのサイズは、対応する立体モデルのサイズと同じ大きさで生成されるとしてもよい。この場合には、本輪郭描画用モデル取得処理で輪郭描画用モデルが取得された後、後述する輪郭描画用モデル配置処理で輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定されるまでの間に輪郭描画用モデルが拡大される。あるいは、輪郭描画用モデル配置処理で輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定される際に、当該配置用マトリックスが、その拡大変換を含むように決定されるとしてもよい。逆に、立体モデルを配置する際に、立体モデルの配置用マトリックスが縮小変換を含むように立体モデルの配置用マトリックスが決定されるとしてもよい。

【0134】一方、輪郭描画用モデルの各面のマテリアルの色は、対応する立体モデルの各面のマテリアルの色をより暗くした色で生成される。なお、ステップS357(図17)の説明で述べられているのと同様に、この時点では、生成される輪郭描画用モデルの色は定義されていなくてもよい。あるいは、輪郭描画用モデルの各面のマテリアルの色が、対応する立体モデルの各面のマテリアルの色と同一であってもよい。この場合、輪郭描画用モデルの描画処理の際に、輪郭描画用モデルの色は考慮されず、例えば黒などの別途定義された色か、かすれを表現するテクスチャの色で輪郭描画用モデルが描画される。

【0135】次に、輪郭描画用モデルにかすれを表現するテクスチャがマッピングされるか否かが判断される(ステップS299)。ステップS225で輪郭描画用モデルが生成された場合には、対応する立体モデルのデータに基づいてこの判断が実施される。一方、ステップS227で輪郭描画用モデルが読み出された場合には、読み出された輪郭描画用モデルのデータに基づいてこの

判断が実施される。かすれを表現するテクスチャがマッピングされると判断された場合には、ステップS231にて輪郭描画用モデルにかすれを表現するテクスチャがマッピングされる。すなわち、ポリゴンの各頂点にテクスチャ座標(U、V)が設定される。

【0136】なお、前述の通り、かすれを表現するテクスチャは、明度又は透明度の変化を含む図柄を有するテクスチャであって、例えば図9に示されたテクスチャである。かすれを表現するテクスチャがマッピングされないとは判断された場合と、テクスチャがマッピングされる処理が終了した場合は、演算処理部103は輪郭描画用モデル取得処理を終了する(ステップS233)。

【0137】〔輪郭描画用モデル配置処理〕図7のステップS3において輪郭描画用モデルの配置マトリックスが設定され、輪郭描画用モデルの配置処理が行われる。通常輪郭描画用モデルの基準位置は、立体モデルの基準位置に対応する位置に設けられる。そしてその輪郭描画用モデルの基準位置が、立体モデルの基準位置が配置されている位置と同一又はその近傍に配置されるように、輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定される。

【0138】ここで立体モデルの方向が変化する場合には、輪郭描画用モデルもそれに対応するよう回転変換を含む配置用マトリックスが設定される。立体モデルの形状が変化する場合には、輪郭描画用モデルがそれに対応するよう変形処理が行われる。

【0139】この段階において輪郭描画用モデルが対応する立体モデルと同じ大きさである場合は、輪郭描画用モデルが拡大される。具体的には、輪郭描画用モデルの基準位置を中心として輪郭描画用モデルの各頂点が所定の拡大率に従って拡大変換されるように、輪郭描画用モデルの配置用マトリックスが設定される。あるいは逆に、立体モデルが縮小されるとしてもよい。すなわちこの場合には、立体モデルの基準位置を中心として立体モデルの各頂点が所定の縮小率に従って縮小変換されるように、立体モデルの配置用マトリックスが設定される。

【0140】このようにすると、最終的には、相対的に大きい輪郭描画用モデルが立体モデルを包含するように配置される。両モデルの配置位置、方向、形状等の関係により、輪郭描画用モデルは完全には立体モデルを包含しない場合も生じ得る。但し、このような場合であっても、包含している部分については輪郭線は描画される。

【0141】なお、この段階では必ずしも配置用マトリックスが設定されている必要は無く、配置される座標、方向及び拡大・縮小率等の頂点変換に必要な各要素が確定していればよい。この場合も、実際の頂点変換は各モデルの描画処理の段階で行われる。

【0142】〔輪郭描画用モデルの描画処理〕輪郭描画用モデルの描画処理フローを表す図19では、輪郭描画用モデルの全ての頂点について処理するまで、以下に説明する処理が繰り返される(ステップS523)。繰り返し

(17)

特開2001-84404

31

返し行われる最初の処理は、1つの頂点について頂点変換（拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換）である（ステップS525）。例えば、この処理は演算処理部103に命令された幾何演算部207が実施する。

【0143】ここで注意したいのは輪郭描画用モデルに対しては光源計算を実施しない点である。これは輪郭線は光源の位置等に関係無く、光源計算をするのが無駄だからである（場合によっては輪郭描画用モデルの材料の色は最終的に無視される場合がある）。通常この頂点変換は、仮想三次元空間において指定された状態に結び付けられるが、もし輪郭描画用モデルの大きさが立体モデルと同じである場合には、配置処理で設定された配置用マトリックスに従ってこの段階において輪郭描画用モデルが拡大変換される場合もある。

【0144】そして、当該頂点を含むポリゴン（面）は通常の判断基準でうら面か否かの判断処理が実施される（ステップS527）。通常はおもて面しか描画対象とされないが、実施の形態2の輪郭描画用モデルの場合には通常の判断基準でうら面が描画対象とされる。このステップの判断は、三角形ポリゴンの場合この頂点の前に処理された2つの頂点から構成される三角形ポリゴンがいずれの方向を向いているかで行う。

【0145】図11に示すように、例えば、通常の判断基準で三角形ポリゴンの各頂点に反時計回りに頂点番号が付されている場合に紙面手前がおもて面であると定義する（いわゆる右手系）。実施の形態2では、表裏判定の基準を逆転し、時計回りに頂点番号が付されている場合に紙面手前がおもて面であるとして判断する。この逆転した表裏判定基準でおもて面と判断された面のみを描画対象とする。結果的に実施の形態2の判断基準におけるおもて面が、通常の判断基準ではうら面と判断されるからである。

【0146】図20には、判断対象となる三角形ポリゴンの例が示されている。図20に示す三角形ポリゴンの各頂点には、図中上方、左下、右下の順で0、1、2の頂点番号が付与されている。図20の例では頂点番号の付し方からすると紙面手前がおもて面であるが、逆転した判断基準では紙面手前はうら面となる。逆転した判断基準でうら面の場合には、通常ではおもて面であるからこの面は描画対象からはずされる。なお、実施の形態2でもこの段階において表裏判定を行うが、この段階より前に表裏判定を行うようにすることも可能である。

【0147】もし、当該頂点を含むポリゴン（面）が通常の判断基準でおもて面であった場合にはステップS523に戻る。当該頂点を含むポリゴン（面）が通常の判断基準でうら面であった場合には、かすれを表現するテクスチャをマッピングする否かの判断処理が実施される（ステップS529）。これはポリゴンに対するテクスチャ・マッピングを意味している。もし、かすれを表現するテクスチャをマッピングする場合には、その頂点に

32

対する、かすれを表現するためのテクスチャのテクスチャ座標の計算処理が実施される（ステップS531）。テクスチャ・バースペクティブ処理として、ここでは、 $Q = 1/w$ （ w はスクリーンからの奥行き）を用いて、 $S = U \times Q$ 、 $T = V \times Q$ の計算が行われる。もし、かすれを表現するテクスチャをマッピングしない場合にはステップS533に移行する。

【0148】そして、例えば図2に示した三角形描画処理部205及びピクセルカラー処理部209が駆動される（ステップS533）。上で述べたように三角形描画処理部205は、三角形ポリゴンの各頂点のデータを補間して、三角形ポリゴン内部の各ピクセルにおけるデータを生成する。各頂点のデータは、材料の色、スクリーン座標値、及びステップS531を実施すればテクスチャ座標値である。また、各ピクセルにおけるデータは、材料の色及びステップS531を実施すればテクセル・カラーである。但し、この時点で材料の色を無視して、各頂点に輪郭線の色を設定することも可能である。また材料の色を考慮して、輝度を設定することも可能である。ピクセルカラー処理部209は、三角形描画処理部205が生成する三角形ポリゴン内部の各ピクセルにおけるデータを使用して、フレームバッファ213に表示画像を書き込む。この際、2バッファ211を使用して陰面消去を行う。

【0149】〔立体モデル描画処理〕立体モデルの描画処理も実施の形態1（図14）と変わらない。すなわち、立体モデルの全ての頂点を処理するまで以下の処理が繰り返して実施される（ステップS603）。繰り返される第1の処理は、一つの頂点についての頂点変換（拡大・縮小・回転・平行移動・透視変換）及び光源計算である（ステップS605）。これは例えば演算処理部103からの命令により幾何演算部207が実行する。立体モデルのデータは例えばCD-R131に格納されている。輪郭描画用モデルが立体モデルと同じ大きさである場合には、立体モデルを縮小することにより輪郭描画用モデルを相対的に大きくする場合もある。この場合には、ステップS605において縮小変換を実施する。

【0150】次に、当該頂点を含むポリゴン（面）はおもて面か否かの判断処理が実施される（ステップS607）。この判断は、三角形ポリゴンの場合この頂点の前に処理された2つの頂点から構成される三角形ポリゴンがいずれの方向を向いているかで判断する。もし、当該頂点を含むポリゴン（面）がうら面であった場合にはステップS603に戻る。当該頂点を含むポリゴン（面）がおもて面であった場合にはその頂点のテクスチャ座標の計算処理が実施される（ステップS609）。そして、例えば図2に示した三角形描画処理部205及びピクセルカラー処理部209が駆動される（ステップS611）。

【0151】上で述べたように三角形描画処理部205

(18)

特開2001-84404

33

は、三角形ポリゴンの各頂点のデータを補間して、三角形ポリゴン内部の各ピクセルにおけるデータを生成する。各頂点のデータは、マテリアルの色、スクリーン座標値、及びテクスチャ座標値である。各ピクセルにおけるデータは、マテリアルの色及びテクセル・カラーである。ピクセルカラー処理部209は、三角形描画処理部205が生成する三角形ポリゴン内部の各ピクセルにおけるデータを使用して、フレームバッファ213に表示画像を書き込む。この際、Zバッファ211を使用して隠面消去を行う。

【0152】以上のような処理を実施すると、立体モデルは通常どおりレンダリングされ、実施の形態2で導入された輪郭描画用モデルは、立体モデルの後ろの面の内部のうち立体モデルに隠れない部分が描画されるので、その部分が輪郭線としてレンダリングされる。実施の形態2では、輪郭描画用モデルを導入し且つ輪郭描画用モデルの表裏判定を逆転するだけで通常の立体モデルとはほぼ同様の処理を行うことにより簡単に輪郭線を描画できるようになる。

【0153】3. 他の実施の形態

(1) 図4および図16では、輪郭描画用モデルの面と立体モデルの面が一对一になっているが、輪郭描画用モデルの面の数を減らすことも可能である。面の数が減れば、処理が高速化されるためである。但し、輪郭描画用モデルの面には立体モデル中に対応する面が存在する。

【0154】(2) 図7に示した処理フローのステップS4とステップS6は順番を入れ替えることが可能である。

【0155】(3) 使用するハードウェアの変更

上で述べた実施の形態では、立体モデル及び輪郭描画用モデル描画処理の一部の処理を、グラフィックス処理部111が実行するような実施の形態を開示したが、オブジェクト描画処理全体をグラフィックス処理部111が行っても、演算処理部103が実行するようにしても良い。

【0156】また図1は一例であって、様々な変更が可能である。例えば、ゲーム装置ならば、インターフェース部117にデータを保存するためのメモリカードの読み書きインターフェースを備えるようにすることも考えられる。また、通信インターフェース115を備えるか否かは任意である。本発明は直接サウンド処理には関係しないので、サウンド処理部109を備えている必要は無い。

【0157】また、CD-Rは記録媒体の一例であって、RAMのような内部メモリ、フロッピーディスク、磁気ディスク、DVD-RAM等の他の記録媒体であってもよい。その場合にはCD-Rドライブ113を、対応する媒体で読み書き可能なドライブにする必要がある。更に本発明は記録媒体に書き込むまでの処理と図7に示された処理とが独立しており、それぞれを互いに異

34

なるコンピュータで動作させることが可能である。図7に示された処理では記録媒体からの読み取りが可能であればよいので、図7に示された処理を行うコンピュータは、媒体に格納されたプログラム及びデータの読み取りのみが可能なドライブを備えていればよい。すなわち記録媒体としては更に、ROMのような内部メモリ、CD-ROM、DVD-ROM、メモ리카ートリッジ等の主に読み取り専用の記録媒体でもよい。その場合にはCD-Rドライブ113を、対応する媒体を読み取り可能なドライブにする必要がある。

【0158】さらに、以上は本発明をコンピュータ・プログラムにより実装した場合であるが、コンピュータ・プログラムと電子回路などの専用の装置の組み合わせ、又は電子回路などの専用の装置のみによっても実装することは可能である。その際、図7、図8、図10及び図14又は図7、図18、図19及び図14の各ステップに表される機能毎に装置を構成してもよいし、それらの一部又はそれらの組み合わせに毎に装置を構成することも考えられる。

【0159】以上、本発明を実施の形態に基づいて具体的に説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。例えば、上記実施の形態では、通常のコンピュータをプラットフォームとして本発明を実現した場合について述べたが、本発明は家庭用ゲーム機、アーケードゲーム機などをプラットフォームとして実現しても良い。場合によっては、携帯情報端末、カーナビゲーション・システム等をプラットフォームにして実現することも考えられる。

【0160】また、本発明を実現するためのプログラムやデータは、コンピュータやゲーム機に対して着脱可能なCD-R等の記録媒体により提供される形態に限定されない。すなわち、本発明を実現するためのプログラムやデータは、図1に示す通信インターフェース115により、通信回線141を介して接続されたネットワーク151上の他の機器側のメモリに上記プログラムやデータを記録し、このプログラムやデータを通信回線141を介して必要に応じて順次メモリ105に格納して使用する形態であってもよい。

【0161】〔表示例〕図21に図8又は図18で輪郭描画用モデルを立体モデルから自動的に生成してレンダリングした場合の画像表示例を示す。木の幹の周りにはほぼ均等な幅で輪郭線が描画されている。一方、図22に、図5又は図17で予め輪郭描画用モデルを生成しておき、その予め生成されている輪郭描画用モデルを読み出してレンダリングした結果の例を示す。輪郭描画用モデルを適当に作成すれば、輪郭線が細い部分や太いところを任意に作成することができる。例えば図22では木の幹の上の方では輪郭線が細く、木の幹の根元部分は輪郭線が細くなっている。加えて、図23に輪郭線のかす

(19)

特開2001-84404

35

れ表現の例を示す。例えば図9のようなテクスチャを輪郭描画用モデルにマッピングすると、図23のように輪郭線が部分的に欠けたようになる。これにより手で書いたような輪郭線を表現することができるようになる。

【0162】以上のように本発明を使用すると、立体モデルに輪郭線を簡単な処理で表現することができるようになる。輪郭線を使用する場合には例えばセルアニメーション（cel animation）を作成するような場合がある。セルアニメーションを手書きで作成する場合には、手作業の量が増えるため、あまり多くの場面や角度からの画像を作成できない。また、手書き調のゲームキャラクターが表示されるゲームにおいても、同様の理由によりあまり多くの角度からのキャラクターの画像を作成できない。本発明のようにコンピュータ・グラフィックスを使用することにより表現できるようになるので、任意の場面の画像を簡単に作成できるようになる。

【0163】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、仮想空間に配置された立体モデルを描画すると共に、当該立体モデルに対応し且つ当該立体モデルを包含する輪郭描画用モデルの内側を描画することにより当該立体モデルの輪郭線を描画できるようにするレンダリング方法及び装置並びにレンダリング・プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供することができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るプログラムを実行するコンピュータの一例を示すブロック図である。

【図2】図1におけるグラフィックス処理部の一例を示すブロック図である。

【図3】実施の形態1の機能ブロック図である。

【図4】実施の形態1におけるカメラ、立体モデル、及び輪郭描画用モデルの位置関係を説明するための模式図である。立体モデル及び輪郭描画用モデルのおもて面が向いている方向を矢印で示している。

【図5】実施の形態1における輪郭描画用モデル生成処理のフローチャートである。

【図6】CD-R131に書き込まれたデータの例を示した模式図である。

【図7】本発明全体の処理を示すフローチャートである。

【図8】実施の形態1の輪郭描画用モデル取得処理のフローチャートである。

【図9】かすれ表現をするためのテクスチャの一例である。

【図10】実施の形態1の輪郭描画用モデル描画処理のフローチャートである。

【図11】三角形ポリゴンの表裏判定を説明するための模式図である。

【図12】表裏を判定する方法を説明するための模式図である。

36

【図13】実施の形態1における三角形ポリゴンの表裏判定を説明するための模式図である。

【図14】本発明における立体モデル描画処理のフローチャートである。

【図15】実施の形態2の機能ブロック図である。

【図16】実施の形態2におけるカメラ、立体モデル、及び輪郭描画用モデルの位置関係を説明するための模式図である。立体モデル及び輪郭描画用モデルのおもて面が向いている方向を矢印で示している。

【図17】実施の形態2における輪郭描画用モデル生成処理のフローチャートである。

【図18】実施の形態2における輪郭描画用モデル取得処理のフローチャートである。

【図19】実施の形態2における輪郭描画用モデル描画処理のフローチャートである。

【図20】実施の形態2における三角形ポリゴンの表裏判定を説明するための模式図である。

【図21】本発明を用いてレンダリングした画像の一表示例である。なお、自動的に生成した輪郭描画用モデルの場合である。

【図22】本発明を用いてレンダリングした画像の一表示例である。なお、予め人間により作成された輪郭描画用モデルを使用した場合である。

【図23】本発明を用いてレンダリングした画像の一表示例である。なお、図7のかすれ表現のためのテクスチャを輪郭描画用モデルにマッピングした場合である。

【符号の説明】

1000	コンピュータ	101	コンピュータ本体
103	演算処理部		
105	メモリ	107	HDD
109	サウンド処理部		
111	グラフィックス処理部	113	CD-Rドライブ
115	通信インターフェース部	117	インターフェース部
119	内部バス	121	表示装置
125	サウンド出力装置		
131	CD-R	141	通信媒体
151	ネットワーク		
161	入力装置		
201	バス制御部	205	三角形描画処理部
207	幾何演算部		
209	ピクセルカラー処理部	211	Zバッファ
213	フレームバッファ	300	輪郭描画用モデル取得部
305	輪郭描画用モデル配置用マトリックス設定部		
310	輪郭描画用モデル処理部		
320	かすれ表現テクスチャマッピング部		
330	ピクセル処理部	335	隠面消去処理部
340	立体モデル処理部	400	輪郭描画用モデル

(20)

特開2001-84404

37

38

ル取得部

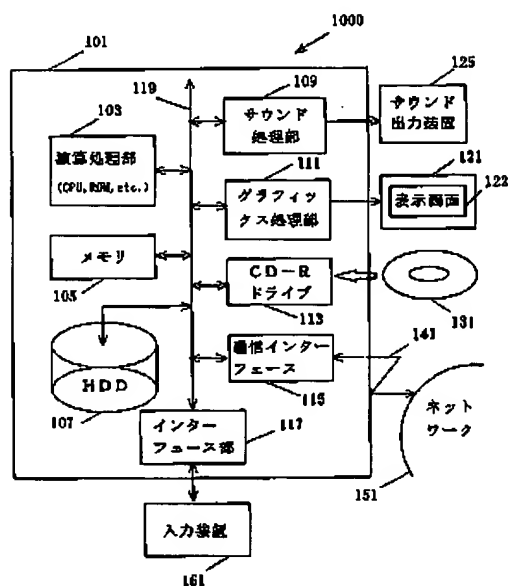
* 420 かすれ表現テクスチャマッピング部 430
ピクセル処理部

405 輪郭描画用モデル配置用マトリックス設定部

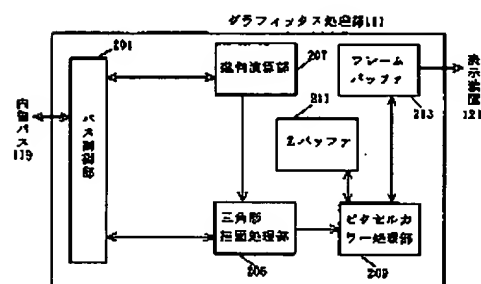
410 輪郭描画用モデル処理部 415 逆転表
判定部 *

435 隠面消去処理部 440 立体モデル処理部

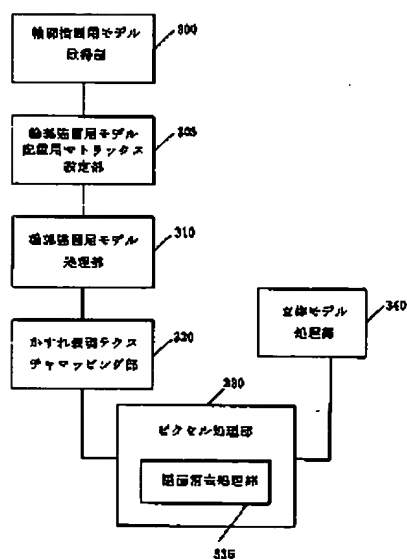
【図1】



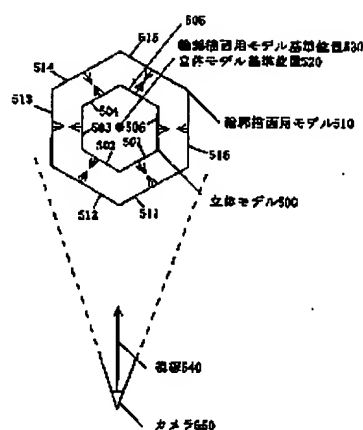
【図2】



【図3】



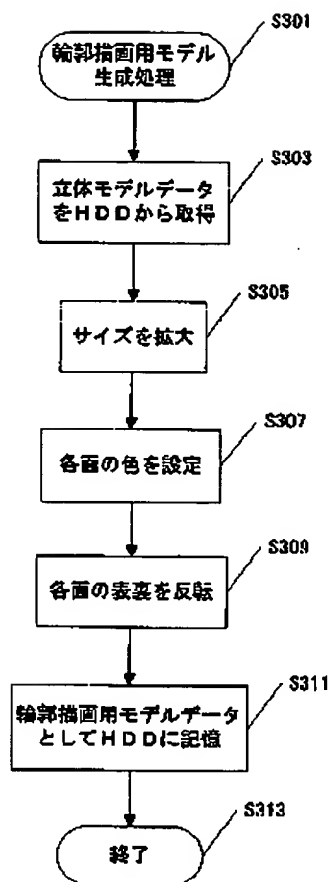
【図4】



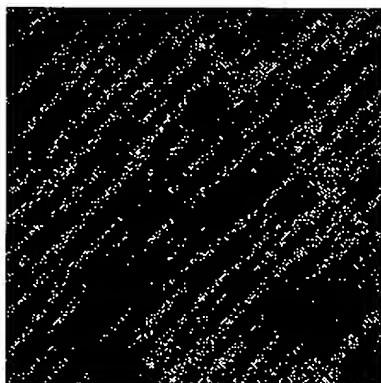
(21)

特開2001-84404

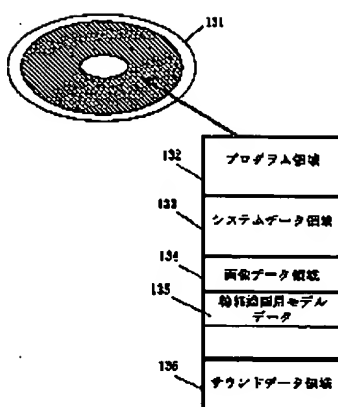
【図5】



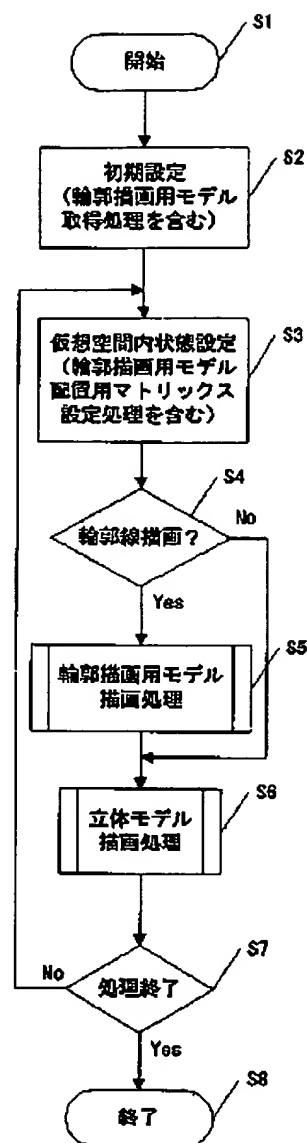
【図9】



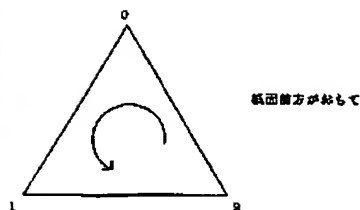
【図6】



【図7】



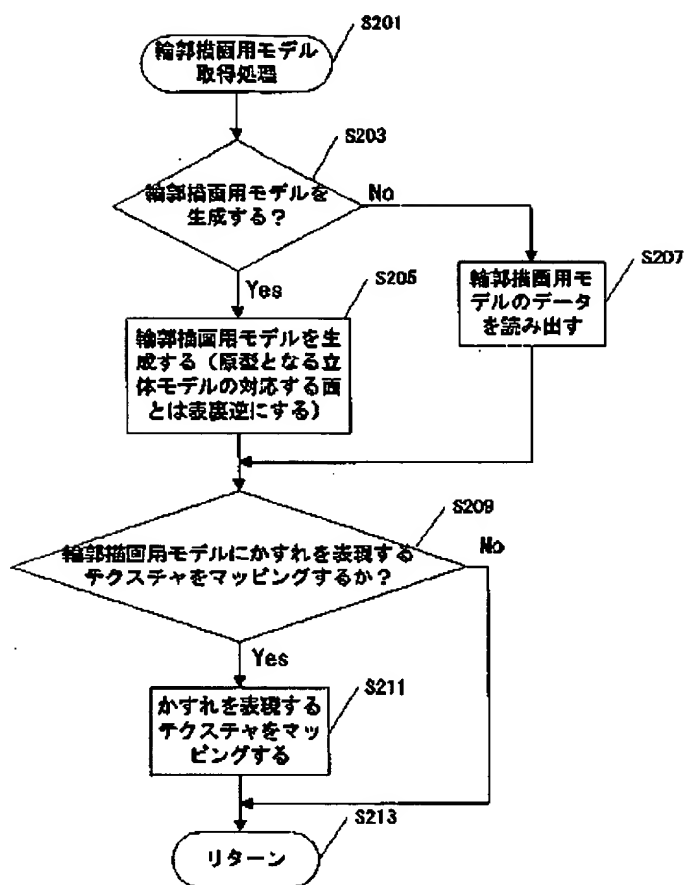
【図11】



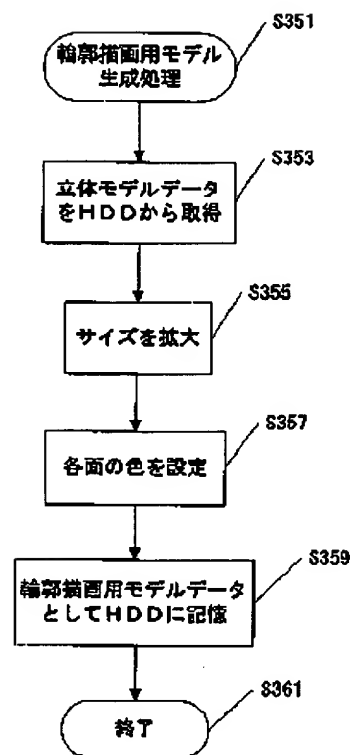
(22)

特開2001-84404

【図8】

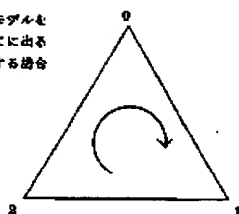


【図17】

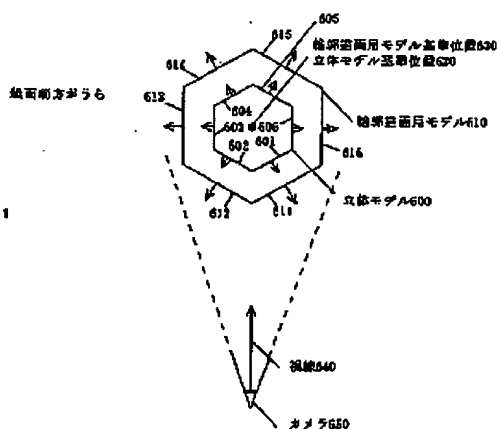


【図13】

輪郭描画用モデルを
面割がおもてに出る
ように作成する場合



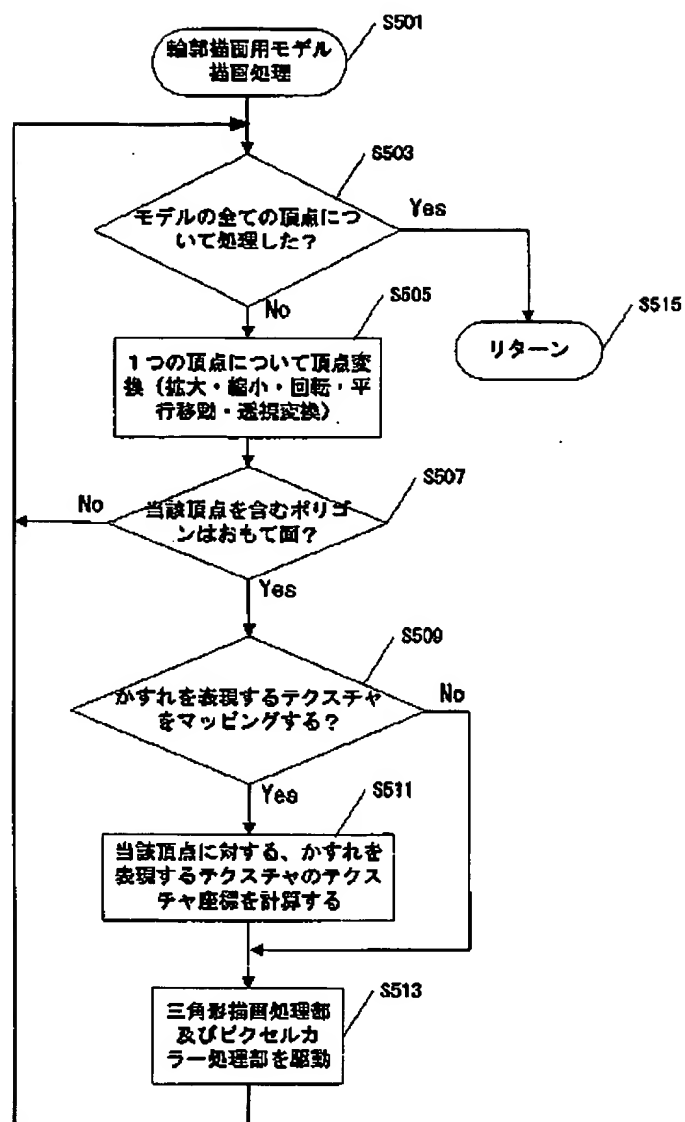
【図16】



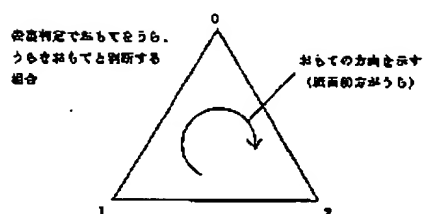
(23)

特開2001-84404

【図10】



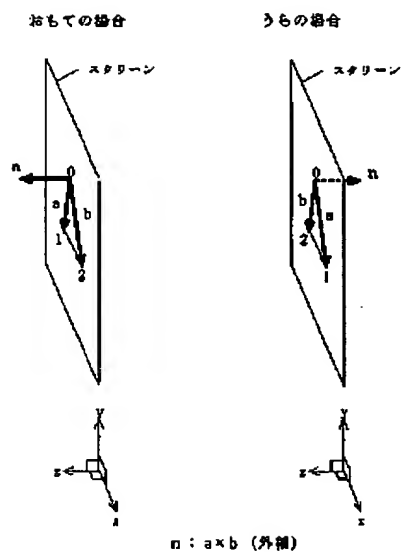
【図20】



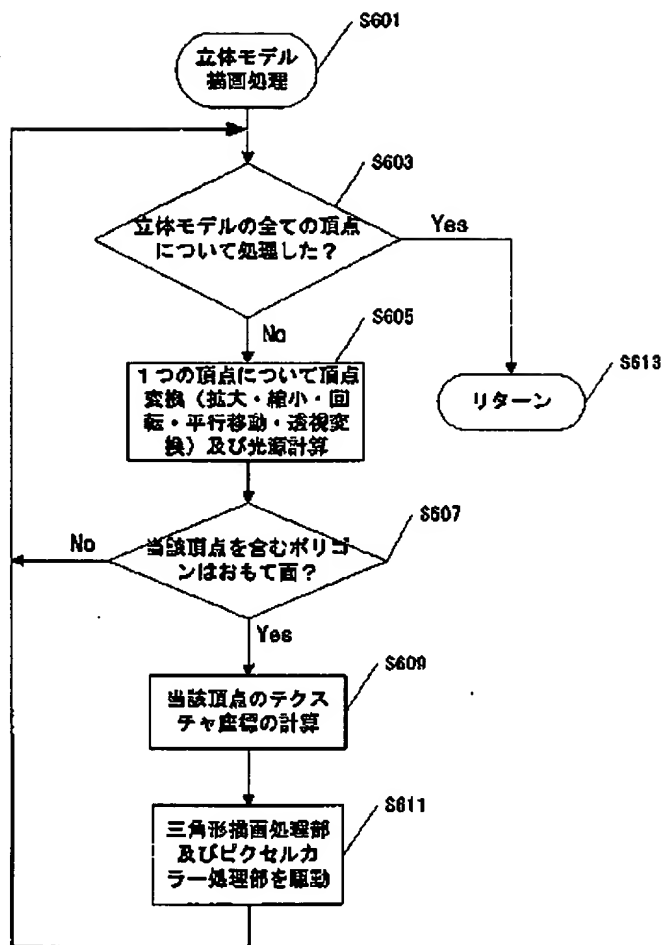
(24)

特開2001-84404

【図12】



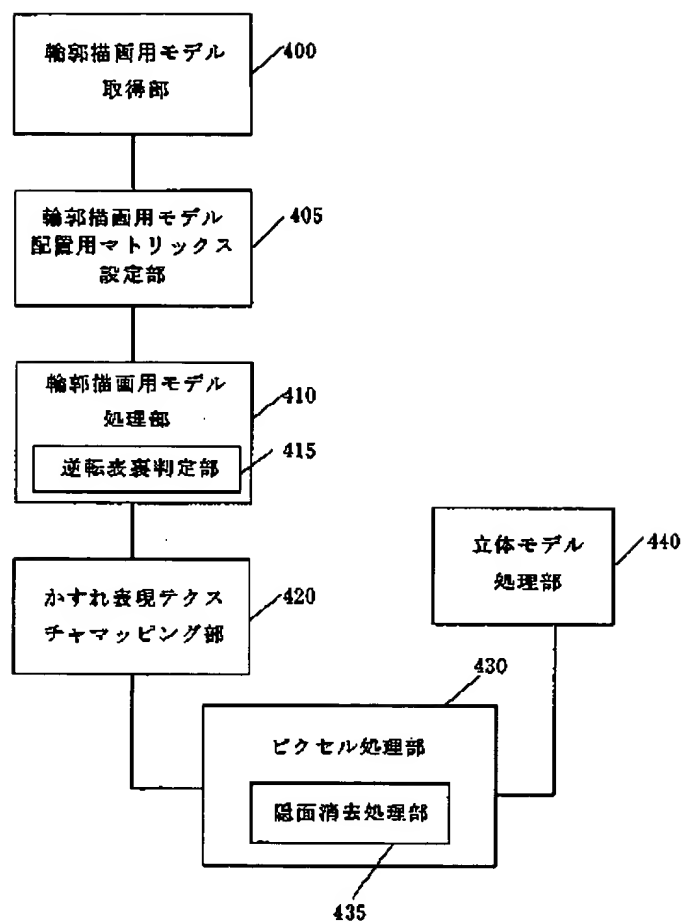
【図14】



(25)

特開2001-84404

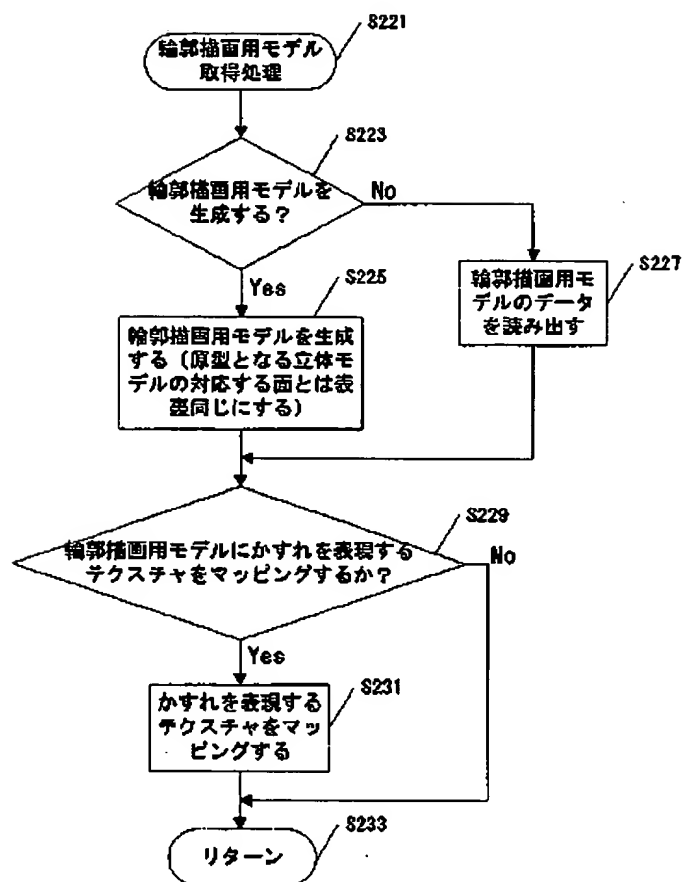
【図15】



(26)

特開2001-84404

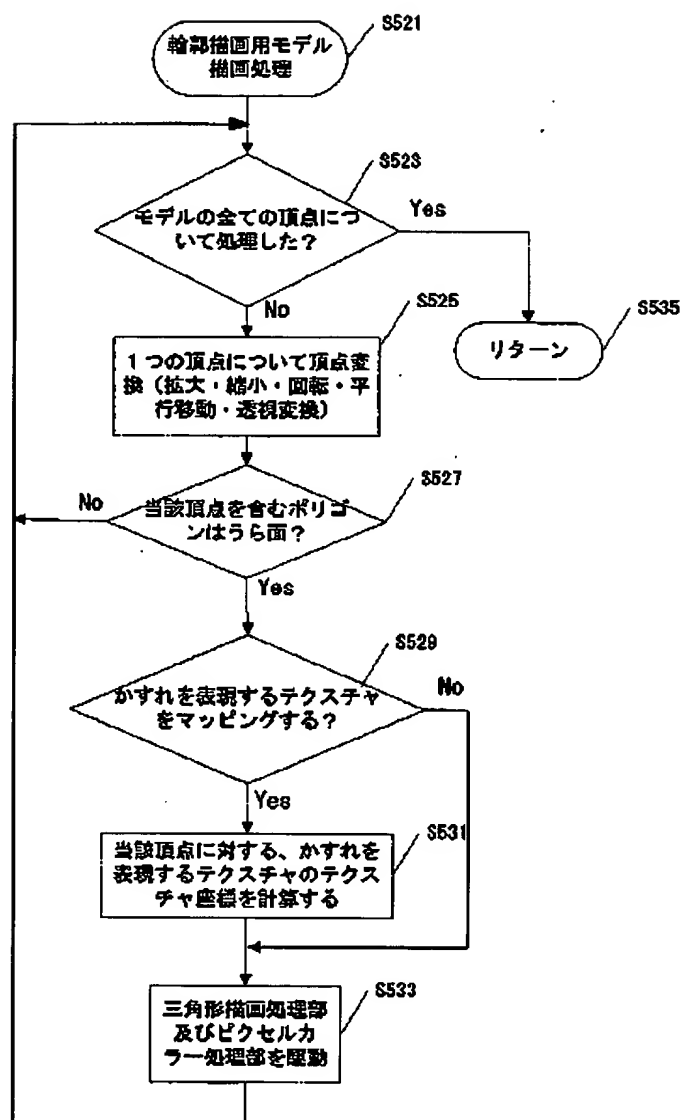
【図18】



(27)

特開2001-84404

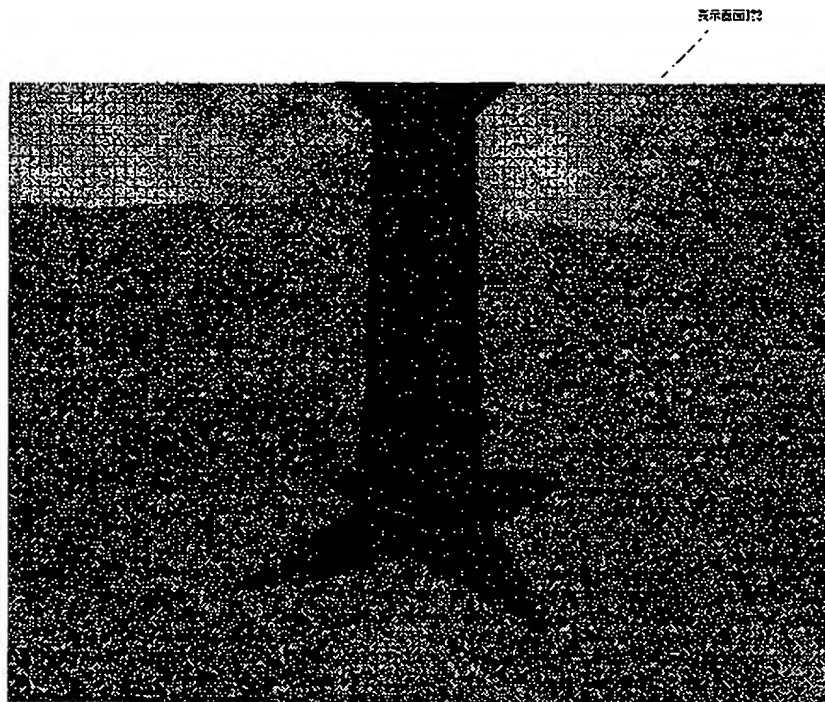
【図19】



(28)

特開2001-84404

【図21】

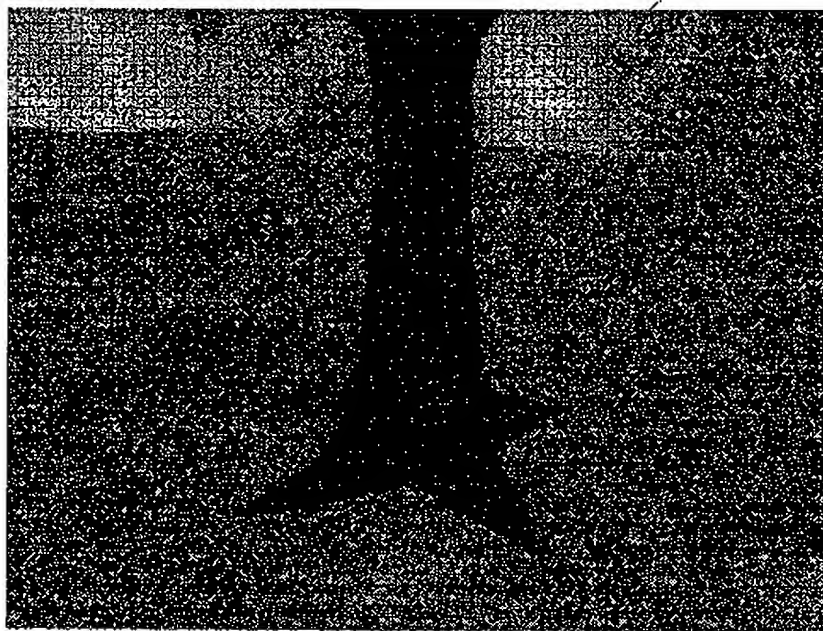


(29)

特開2001-84404

【図22】

最手面図122



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☒ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.